

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**THIAGO ANDRÉ SARTORI**

**HIDROGEOQUÍMICA DO ELEMENTO CÁLCIO NOS  
METACARBONATOS DE VILA NOVA DO SUL E CAÇAPAVA DO SUL**

**Caçapava do Sul**

**2016**

**THIAGO ANDRÉ SARTORI**

**HIDROGEOQUÍMICA DO ELEMENTO CÁLCIO NOS  
METACARBONATOS DE VILA NOVA DO SUL E CAÇAPAVA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Geologia da  
Universidade Federal do Pampa, como  
requisito parcial para a obtenção do Título  
de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Maximilian Fries

**Caçapava do Sul**

**2016**

**THIAGO ANDRÉ SARTORI**

**HIDROGEOQUÍMICA DO ELEMENTO CÁLCIO NOS  
METACARBONATOS DE VILA NOVA DO SUL E CAÇAPAVA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Geologia da  
Universidade Federal do Pampa, como  
requisito parcial para obtenção do Título  
de Bacharel em Geologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 13 de Dezembro de  
2016.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Maximilian Fries  
Orientador  
UNIPAMPA

---

Prof. Me. Luiz Delfino Teixeira Albarnaz  
UNIPAMPA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Cristina Lima dos Santos-Matos  
UNIPAMPA

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S251h Sartori, Thiago André  
HIDROGEOQUÍMICA DO ELEMENTO CÁLCIO NOS METACARBONATOS DE  
VILA NOVA DO SUL E CAÇAPAVA DO SUL / Thiago André Sartori.  
38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2016.  
"Orientação: Maximilian Fries".

1. Geologia. 2. Hidrogeologia. 3. Prospecção Geoquímica. I.  
Título.

Dedico este trabalho a meus pais Irineu e Lenimar Sartori e a minha namorada Isadora Lisboa. Conseguimos!

“... Prometam a vocês mesmos ser personalidades fortes, bem estruturadas, serenas no meio da tempestade, prontas a vencer todos os obstáculos com a ajuda de Deus e de mais ninguém. Prometam ser e não apenas pedir, obter, sentir, desfrutar.”

Olavo de Carvalho

## RESUMO

Neste estudo foram analisadas amostras de água subterrânea captadas em poços nos municípios de Caçapava do Sul e Vila Nova do Sul. Com as análises químicas foram medidas as concentrações de cálcio livre nas amostras, resultando em um banco de dados composto por coordenadas e mg/l do anilite. Neste banco de dados foram feitas análises de estatística a fim de demonstrar quais poços apresentavam maiores concentrações deste elemento e foi encontrado um ponto de anomalia positiva.

Palavras-Chave: Hidrogeoquímica, hidrogeologia, cálcio.

## **ABSTRACT**

In this study, groundwater samples were collected from wells in the marbles of the cities of Caçapava do Sul and Vila Nova do Sul. The chemical analysis was performed to measure the concentration of free calcium in the samples, resulting in a database composed of coordinates and m/l of the anilite. In this database, statistical analyzes were performed to demonstrate which wells had the highest concentrations of this element and a positive anomaly point was found.

Keywords: Hydrogeochemistry, hydrogeology, calcium.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.....	13
Figura 2 - Diagrama Climático da estação meteorológica de Caçapava do Sul.....	14
Figura 3 - As províncias estruturais do Brasil. Legenda: 1 = Rio Branco 2 = Tapajós; 3 = São Francisco; 4 = Tocantins; 5 = Mantiqueira; 6 = Borborema; 7 = Amazônia; 8 = Parnaíba; 9 = Parana; 10 = Província Costeira e Margem Continental. As linhas tracejadas representam as convenções das províncias.....	15
Figura 4 - Localização do Cinturão Vila Nova no contexto geotectônico do sul do Brasil e Uruguai: a) Terreno Luis Alves; b) Terreno Florida, 1- Terreno Taquarembó, 2- Terreno Rivera, 3- Terreno Valentine.....	16
Figura 5 - Mapa geológico da área de estudo.....	17
Figura 6 - Mapa geológico da área próxima à cidade de Vila Nova do Sul. ....	18
Figura 7 - Tipos de aquíferos segundo seu comportamento hidráulico.....	20
Figura 8 - Classificação de aquíferos segundo sua condutividade hidráulica .....	21
Figura 9 - Bancada preparada para o teste de volumetria. ....	31
Figura 10 - Histograma da variável em estudo.....	32
Figura 11 - <i>Boxplot</i> da variável de estudo .....	33
Figura 12 - Mapa de localização das medidas de cálcio .....	38

## SUMÁRIO

RESUMO .....	7
ABSTRACT .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
AGRADECIMENTOS .....	12
1. Introdução .....	12
1.1. Objetivos .....	12
1.2. Características Gerais da Área.....	12
1.2.1. Localização e Vias de Acesso.....	12
1.2.2. Hidrogeologia .....	14
1.2.3. Pluviosidade.....	14
2. Contexto Geológico Regional e Local .....	15
2.1. Província Mantiqueira.....	15
2.2. Escudo Sul-Rio-Grandense .....	15
2.2.1. Cinturão Vila Nova .....	16
2.3. Geologia Local.....	17
2.3.1. Complexo Metamórfico Passo Feio.....	17
2.3.2. Complexo Metamórfico Cambaizinho.....	17
2.4. Geologia dos Mármoreos .....	18
3. Fundamentação Teórica .....	19
3.1. Hidrogeoquímica .....	19
3.2. Hidrogeologia .....	20
3.3. Complexometria .....	22
3.4. Estatística Descritiva Univariada .....	23
4. Materiais e Métodos.....	27
5. Resultados e Discussões.....	33

6. Referências .....	35
APENDICE A – Mapa de localização das medidas de cálcio.....	38

## **AGRADECIMENTOS**

A meus pais Irineu e Lenimar Sartori, por serem financiadores, motivadores e a razão mais profunda de toda esta loucura. A vocês devo tudo, e nunca vou conseguir retribuir todo o amor que recebi de vocês.

A minha namorada Isadora Lisboa, por entender minha histeria nestes últimos tempos. Fique tranquila, daqui pra frente só tende a piorar.

A Água Limpa Poços Artesianos, por me mostrar o que é a vida profissional de um geólogo.

Aos nobres homens que dividiram o mesmo teto comigo nestes últimos anos, Samuel, Saulo, Vini e Artur. Minhas melhores lembranças destes cinco anos sempre envolvem um de vocês, quando não todos.

A meus grandes amigos Diogo e Rafael, companheiros no meio desta loucura que é o mundo acadêmico.

Ao meu irmão mais velho Valdemar, por ser uma âncora na realidade e me ajudar muito neste momento de transição da minha vida.

A meus sogros Darlene e Valter Lisboa, por me adotarem como filho. Vocês também tem grande participação neste processo.

A professora Andréia Matos, pelas ajudas inesperadas. Quem sabe por ser a professora da disciplina da minha atual área de atuação profissional a que mais me apeguei. Ainda vai receber muitos e-mails meus do tipo “Professora, peguei um serviço e não sei como fazer. Me ajuda?”.

Ao professor Max, que acreditou em mim quando nem eu mais acreditava. Tenho uma dívida eterna com o senhor.

Ao professor Delfino, por ser um dos poucos geólogos da universidade a trazer sua experiência no meio profissional para os alunos.

Aos demais professores da instituição, por todos os ensinamentos passados.

## **1. Introdução**

Este trabalho consiste na determinação de rochas com altos teores de cálcio com base no cálcio livre na água subterrânea. Para isso foram coletadas amostras de água que foram analisadas por titulação complexométrica criando um pequeno banco de dados. Métodos de estatística descritiva univariada foram aplicados a este banco de dados para determinar valores extremos e *outliers*. Foi constatado que não existe anomalia negativa e foi localizada uma anomalia (*outlier*) positiva.

### **1.1. Objetivos**

O objetivo deste trabalho é estudar a concentração de cálcio livre em água para se aferir em quais pontos do aquífero tiveram maior contato com os minerais calcita e dolomita. Para isso foi feita a análise das concentrações de cálcio livre em amostras de água subterrânea do Sistema Aquífero Embasamento Cristalino II nas cidades de Caçapava do Sul e Vila Nova do Sul, porção central do estado do Rio Grande do Sul. E também realizar análises de estatística descritiva, de *outliers* e de valores extremos nestes dados.

### **1.2. Características Gerais da Área**

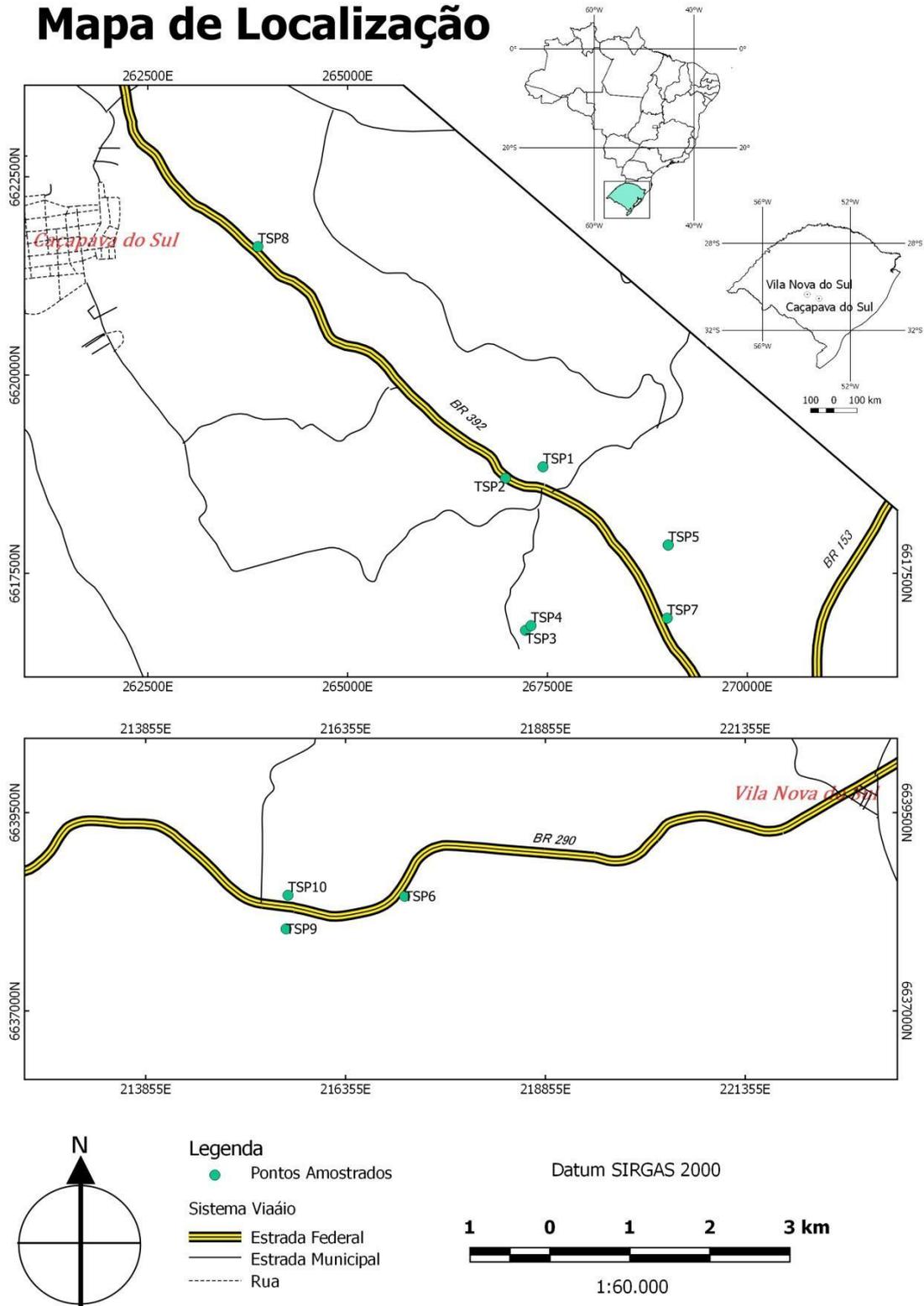
#### **1.2.1. Localização e Vias de Acesso**

As áreas de estudo estão localizadas nas cidades de Caçapava do Sul e Vila Nova do Sul, ambas situadas na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).

A cidade de Caçapava do Sul faz divisa com os seguintes municípios: a norte pelo São Sepé; a Sul Santana da Boa Vista; a oeste Lavras do Sul e; a leste Encruzilhada do Sul. Distancia-se cerca de 300 km de Porto Alegre, tendo acesso pela BR-290 no sentido oeste, até o entroncamento com a BR-392, onde seguindo ao sul chega-se a cidade de Caçapava do Sul.

Vila Nova do Sul faz divisa com os municípios de São Sepé, a norte e a leste; São Gabriel a norte e a oeste, e; Lavras do Sul a sul. Distancia-se cerca de 350 km de Porto Alegre, tendo acesso pela BR-290 no sentido oeste.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Modificado de Hasenack *et al.* (2010).

## 1.2.2. Hidrogeologia

Segundo Machado *et al*, (2005) a área de estudo localiza-se no Sistema Aquífero Embasamento Cristalino II e compreende as rochas metamórficas do centro do estado do Rio Grande do Sul que estão localmente afetadas por fraturamentos e falhas. Geralmente apresentam capacidades específicas inferiores a  $0,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ , ocorrendo também poços secos. O mesmo autor diz que as áreas correspondentes aos limites do embasamento cristalino também inclui municípios como: Bagé, Caçapava do Sul, Encruzilhada do Sul e pequena porção de Porto Alegre.

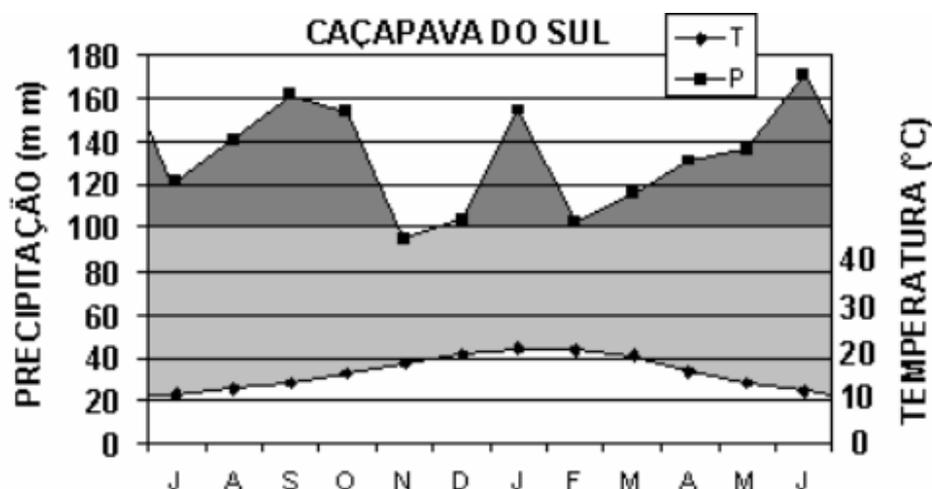
Segundo a classificação dos aquíferos com base em sua capacidade hidráulica, as áreas de estudo podem ser classificadas como fraturados com dissolução, confinados a semi-confinados (MACHADO, 2005).

## 1.2.3. Pluviosidade

Como apresentado por Santiago *et al*, (2002) a pluviosidade interfere diretamente na quantidade de íons dissolvidos em água. Foram observados dados de pluviosidade do período de 1931 a 1960 apresentado por Buriol *et al*. (2007) para que as coletas fossem realizadas em períodos de pluviosidade semelhante.

Como a primeira campanha de coletas aconteceu no período de recuperação do aquífero, que vai dos meses de fevereiro a junho, as demais deveriam ser realizadas nos meses de agosto ou setembro.

Figura 2 - Diagrama Climático da estação meteorológica de Caçapava do Sul



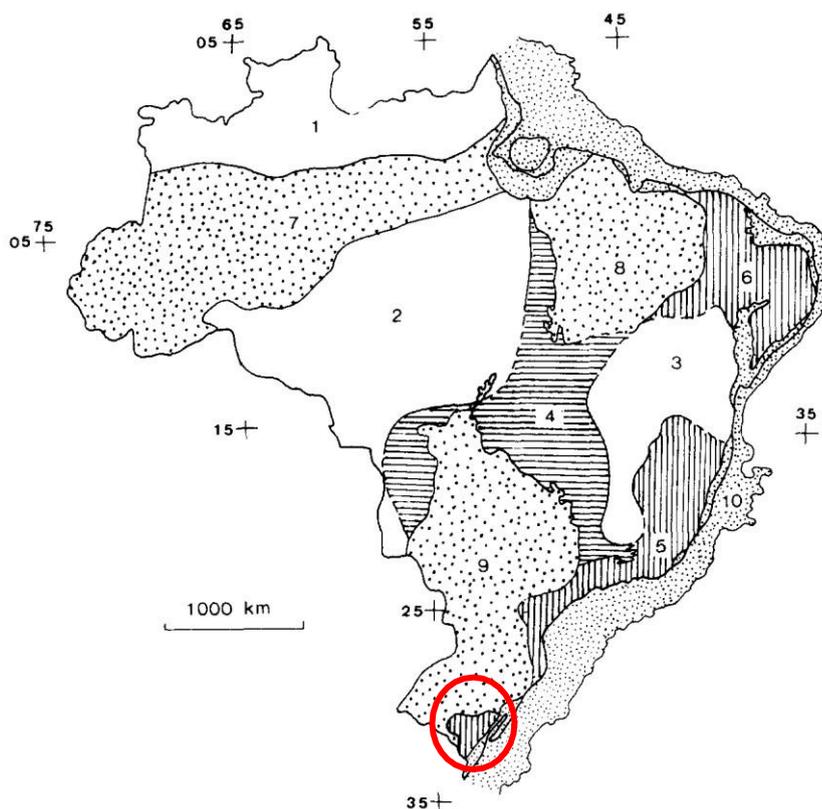
Fonte: Buriol *et al* (2007)

## 2. Contexto Geológico Regional e Local

### 2.1. Província Mantiqueira

Segundo Heilbron *et al*, (2004) a Província Mantiqueira é um sistema orogênico que reúne os eventos Araçuaí, Ribeira, Don Feliciano, São Gabriel e a zona de interferência entre orógenos Brasília e Ribeira. Sua gênese está ligada a evolução do super continente Gondwana (Figura 3). A área de estudo está localizada no extremo sul da província Mantiqueira no contexto do Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG).

Figura 3 - As províncias estruturais do Brasil. Legenda: 1 = Rio Branco 2 = Tapajós; 3 = São Francisco; 4 = Tocantins; 5 = Mantiqueira; 6 = Borborema; 7 = Amazônia; 8 = Parnaíba; 9 = Parana; 10 = Província Costeira e Margem Continental. As linhas tracejadas representam as convenções das províncias.



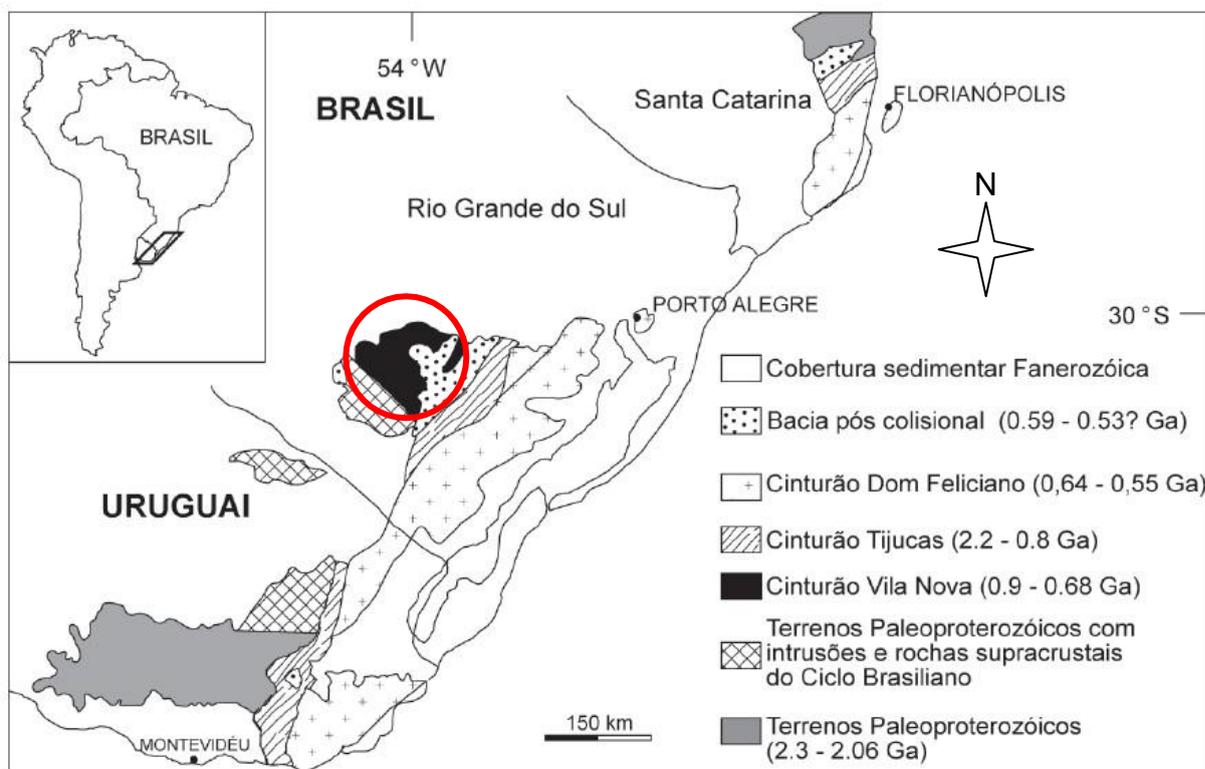
Fonte: Almeida *et al*. (1981)

### 2.2. Escudo Sul-Rio-Grandense

O ESRG é composto predominantemente por rochas ígneas, metamórficas e sedimentares de idades pré-paleozóicas, geradas durante o Evento Transamazônico

(geralmente fragmentos Paleoproterozoicos associados ao Cráton Rio de La Plata) e o ciclo Brasileiro/Pan-Africano (unidades geotectônicas de idade neoproterozoica) (BORBA, 2006; FRAGOSO-CÉSAR 1991; SOLIANI JR., 1986). O ESRG aparece na literatura dividido em quatro cinturões, três alongados na direção NW-SE, e um alongado a NE-SW (Figura 4). Cada um destes cinturões apresenta diferentes contextos estruturais, petrológicos e geocronológicos próprios. São eles: Os terrenos Paleoproterozoicos; Cinturão Vila Nova; Cinturão Tijuca e; Cinturão Don Feliciano (CHEMALE JR., 2000).

Figura 4 - Localização do Cinturão Vila Nova no contexto geotectônico do sul do Brasil e Uruguai: a) Terreno Luis Alves; b) Terreno Florida, 1- Terreno Taquarembó, 2- Terreno Rivera, 3- Terreno Valentine.



Fonte: Extraído de Chemale Jr., (2000).

### 2.2.1. Cinturão Vila Nova

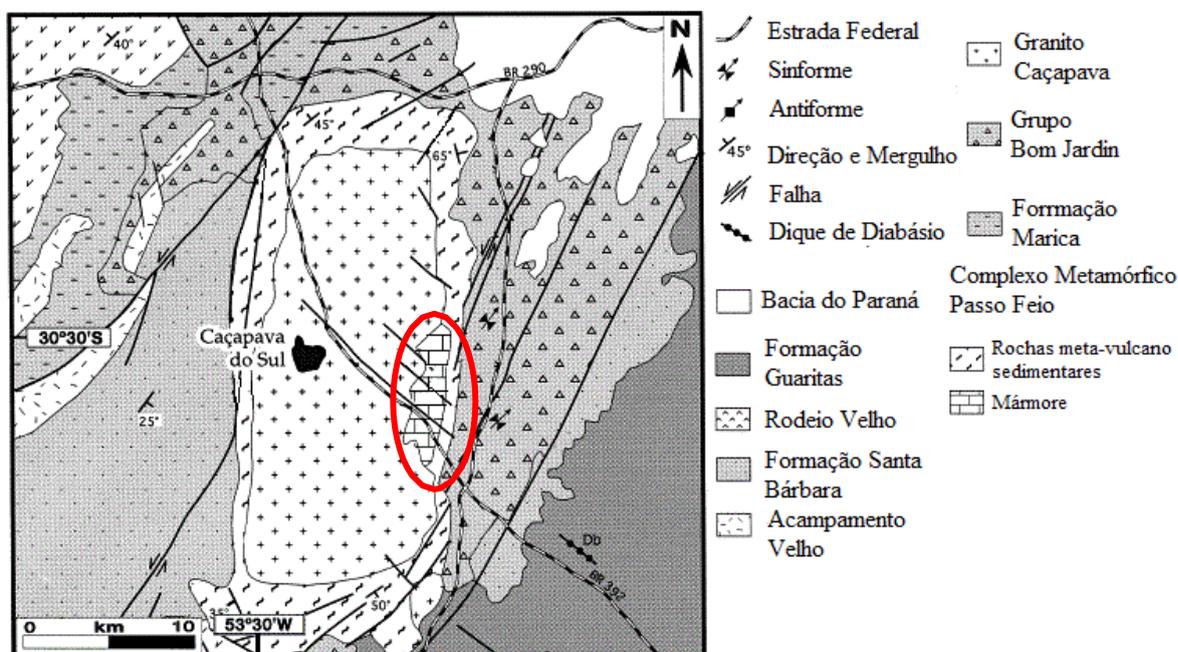
O cinturão Vila Nova é um dos blocos Pré-Cambrianos que compõem o ESRG (CHEMALE JR., 2000), segundo Borba (2006) é o único terreno do ESRG de assinatura juvenil. É delimitado ao norte pelo Lineamento Ibaré (Figura 4) e a oeste pela Sutura Caçapava do Sul. É dividido em Terreno Metamórfico de Acreção Palma e em Associação vulcano-plutono-Sedimentar Seival (610 a 470 Ma) (CHEMALE JR., 2000).

## 2.3. Geologia Local

### 2.3.1. Complexo Metamórfico Passo Feio

Os mármores que ocorrem no Complexo Metamórfico Passo Feio foram primeiramente designados como Formação Vacacaí, descrita por Goñi *et al*, (1962). O mesmo autor descreveu essa formação como sendo compostos por filitos, quartzitos, mármores (dolomíticos), anfibolito xisto, clorita xisto com feldspatização ocasional e desenvolvimento local de níveis de granada, escapolita grafita. Nas redefinições feitas por Ribeiro *et al*, (1966) e Ribeiro (1970) é incluído a Formação Vacacaí como Cinturão Metamórfico Passo Feio (Figura 5).

Figura 5 - Mapa geológico da área de estudo.

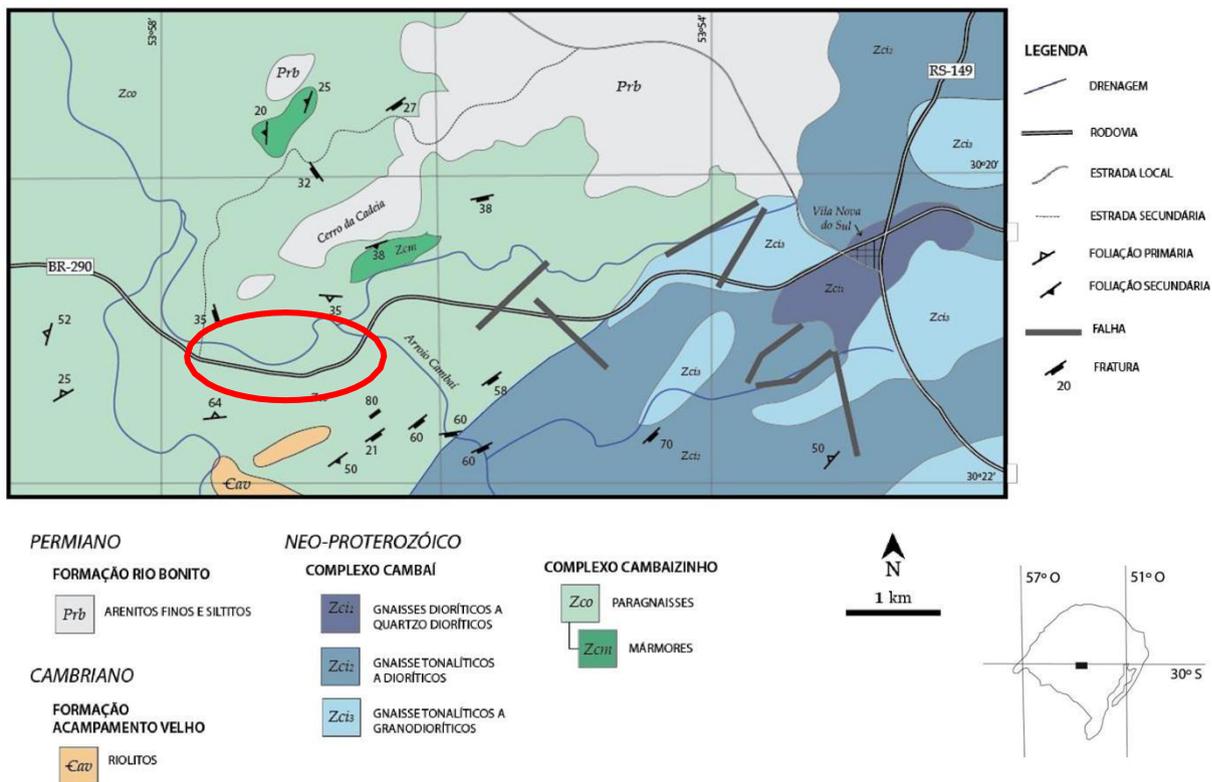


Fonte: Modificado de Remus *et al*. (2000).

### 2.3.2. Complexo Metamórfico Cambaizinho

Remus *et al*, (1993) mapeou a região de Vila Nova do Sul e agrupou as rochas metamórficas da região em dois complexos (Figura 6). O primeiro chamado de Complexo Cambaí é formado por ortognaisses. O segundo foi chamado de Complexo Cambaizinho e reúne xistos, metapelitos e quartzitos, anfibolitos bandados, xistos magnesianos, serpentinitos, mármores e rochas ultramáficas.

Figura 6 - Mapa geológico da área próxima à cidade de Vila Nova do Sul.



Fonte: Modificado de Saalman *et al.*, (2006).

## 2.4. Geologia dos Mármore

São chamadas de carbonáticas todas as rochas formadas predominantemente por minerais que apresentam o íon carbonato ( $\text{CO}_3$ ) (PETTIJOHN, 1976). Normalmente o termo calcário se refere a rochas que sejam em grande parte formadas pelo mineral calcita e quando utilizada como adjetivo se refere à rocha que produz carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Conhecem-se como mármore os calcários metamórficos cristalinos (DANA, 1974; SUGUIO, 1998).

Rochas calcárias são predominantemente formadas por processos bioquímicos e biológicos, sendo sua ocorrência irrestrita em períodos geológicos ou áreas do globo. Comumente as rochas carbonáticas de origem Pré-cambriana são predominantemente dolomíticas e sua origem é relacionada a depósitos de estromatólitos. Geralmente são interpretadas como antigas plataformas de margem passiva (TUCKER 2011).

Sua mineralogia é predominantemente calcita, aragonita e dolomita. A calcita é formada pela sedimentação da carapaça de animais marinhos ou pela precipitação

direta de carbonato de cálcio. A aragonita é uma forma instável da calcita, tendo a mesma gênese, já a dolomita é formada na maior parte nas etapas pos-deposicionais com a substituição de cálcio por magnésio (DANA, 1974; PETTIJOHN, 1976).

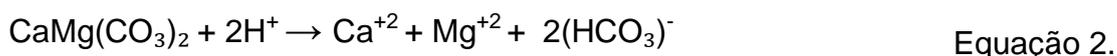
### 3. Fundamentação Teórica

#### 3.1. Hidrogeoquímica

A hidrogeoquímica é o ramo da geologia que se dedica a estudar a relação entre a química das rochas e a química da água. Vários autores já se valeram deste instrumento para inferir concentração de minerais de interesse econômico, contaminação por agentes antrópicos.

Tóniolo *et al.*, (2011) e Grázia e Pastana (2008) utilizaram prospecção hidrogeoquímica em água superficial. O primeiro com objetivo de identificar enriquecimento de fosfato no Carbonatito Três Estradas. E Grázia e Pastana (2008) buscaram averiguar a existência de mercúrio antrópico próximo as mineralizações de ouro de Lavras do Sul. Vargas (2010) dedicou-se a estudar a concentração de elementos maiores, traços e de elementos de terras raras, no sistema fertilizante, solo e água subterrânea no município de Viamão.

A presença de cálcio na água resulta do contato do corpo hídrico com os minerais calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) e gipsita ( $\text{CaSO}_4+2\text{H}_2\text{O}$ ) (SANTIAGO *et al.* 2002). A solubilidade dos carbonatos é controlada pelo  $\text{pH}^+$  e  $\text{CO}_2$  dissolvido (LANGSCH *et al.* 2007). O cálcio é proveniente da dissolução dos minerais calcita e dolomita, a dissolução destes dois minerais ocorre respectivamente, segundo a equação 1 e 2, como descrita por Santiago *et al.* (2002).



O cálcio pode ser encontrado em corpos d'água em concentrações em torno de 15 mg/l e, em águas subterrâneas, em concentrações que variam de 10 a maiores que 100 mg/l (PARRON *et al.* 2011).

### 3.2. Hidrogeologia

A hidrogeologia é o ramo das ciências da terra que se dedica ao estudo da água subterrânea, sua ocorrência, volume e qualidade. Classificando assim, as rochas como aquíferos ou camadas confinantes.

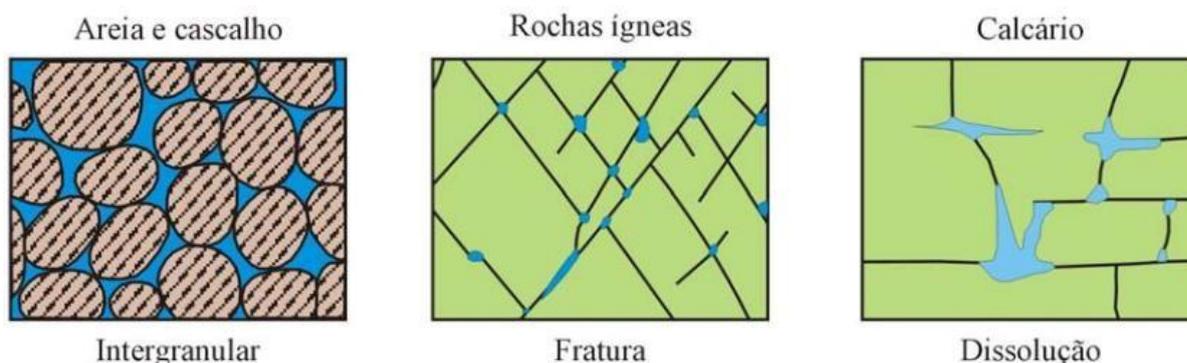
Segundo Machado (2005) a classificação dos tipos de aquíferos é dividida em três principais características: comportamento hidráulico, condutividade hidráulica; e pressão atuante. Por comportamento hidráulico, o mesmo autor subdivide em três grandes tendências, meios porosos granulares, fraturados e fraturados com dissolução. A tabela 1 mostra as características de cada comportamento hidráulico e a figura 7 demonstra sua ocorrência.

Tabela 1 - Comportamento hidráulico de aquíferos e suas características.

Comportamento Hidráulico Do Meio Aquífero	Característica
poroso granular	porosidade intergranular, em geral primária, formados por litologias sedimentares predominantemente arenosas
fraturado	sua porosidade ocorre por meio de fraturas, em geral secundárias, formadas por litologias de origem ígnea e metamórfica e, em alguns casos, por rochas sedimentares muito litificadas.
fraturado com dissolução	são causados pela ação de CO <sub>2</sub> dissolvido na água em rochas carbonáticas sedimentares e metamórficas. Possuem grande heterogeneidade e anisotropia do fluxo.

Fonte: Machado (2005)

Figura 7 - Tipos de aquíferos segundo seu comportamento hidráulico.



Fonte: Machado (2005)

O coeficiente de condutividade hidráulica ( $K$ ) da Lei de Darcy leva em conta características do meio como, porosidade, tamanho e distribuição das partículas, forma e arranjo das partículas, bem como as características de viscosidade e massa específica do fluido (SANTOS, 1997). Segundo Machado (2005) de acordo com esses valores de  $K$  os aquíferos podem ser classificados em (Figura 8):

Livres - quando a condutividade hidráulica é de média a alta em toda a espessura da formação litológica, praticamente sem variações significativas ( $K'=K$ );

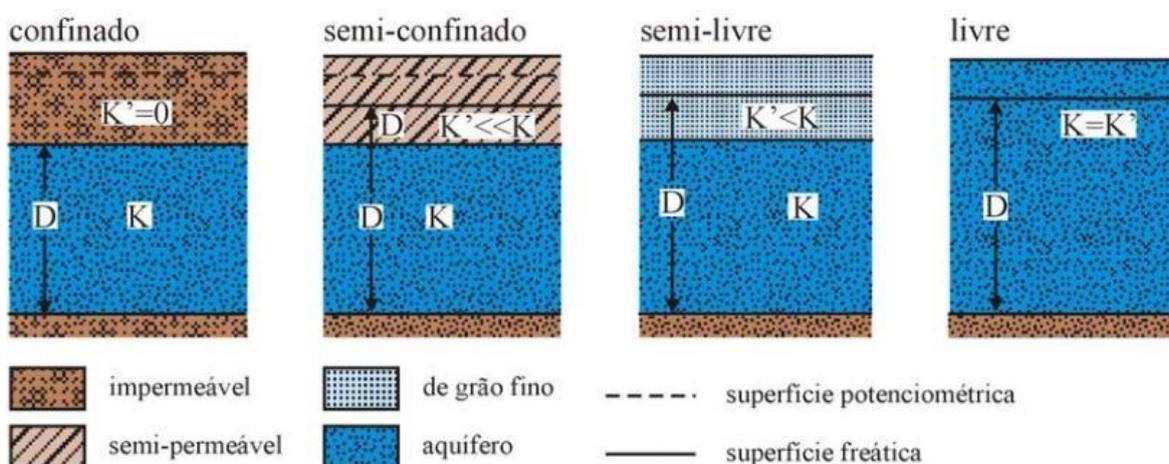
Semilivres - quando existem duas zonas de condutividade hidráulica em que a superior apresenta uma diferença pouco significativa em relação à condutividade hidráulica da base do aquífero ( $K' < K$ );

Semiconfinados - quando existem também duas zonas de condutividade hidráulica. Neste caso os valores da zona superior são muitas vezes menores aos valores da base do aquífero ( $K' \ll K$ );

Confinados - quando existem duas zonas de condutividade hidráulica, com os valores da porção superior insignificantes quando comparados com os da base do aquífero. Podendo ser as litologias confinantes inclusive impermeáveis ( $K=0$ ).

As camadas confinantes são as rochas capazes de dificultar a passagem da água. Estas rochas são classificadas segundo essa capacidade sendo dividida em três classes: aquitarde; aquíclude e; aquífugo. As características de cada uma delas encontra-se na tabela 2.

Figura 8 - Classificação de aquíferos segundo sua condutividade hidráulica.



Fonte: Machado (2005).

Tabela 2 - Classificação das camadas confinantes segundo suas características geológicas.

Classificação das camadas confinante	Características
Aquitarde	unidade geológica capaz de armazenar água, porém a liberando muito lentamente
Aquiclude	unidade geológica saturada incapaz de transmitir água em quantidades significantes sobre gradientes hidráulicos ordinários.
Aquifugo	formação geológica absolutamente impermeável.

Fonte: Santos (1997).

### 3.3. Complexometria

Para conduzir titulações de cátion metálico usando ácido etilenodiamino tetraacético (EDTA) é necessário utilizar um indicador complexométrico, usualmente um corante orgânico tal como Preto sulfon rápido, Preto de eriocromo T, Vermelho de eriocromo B ou Murexida. Estes corantes ligam-se aos cátions metálicos em solução e formam complexos coloridos. É adicionado EDTA a solução para que ele substitua a Murexida, como o EDTA liga-se aos cátions metálicos mais fortemente que o corante ocorrendo à substituição junto ao cátion metálico. O fim da titulação é marcado pela mudança da cor da mostra, indicando que todo o corante foi substituído por EDTA (VOGEL, 2000).



Em titulações diretas de  $\text{Ca}^{2+}$  com EDTA pode se utilizar a murexida, que em meio alcalino ( $\text{pH} > 11$ ) é violeta. A murexida se combina com  $\text{Ca}^{2+}$  para formar um íon complexo estável de cor vermelho cereja tornando-se o indicador. Após a adição da primeira gota em excesso de EDTA, a cor da solução muda para violeta, sendo chamado de ponto de viragem do sistema. Esta mudança de cor ocorre devido à

formação do complexo cálcio-EDTA, que libera o indicador na forma livre (BACCAN, 2001).

Como a murexida e o EDTA apresentam a mesma razão para complexar-se com o  $\text{Ca}^{+2}$ , os dados de mililitros (ml) de EDTA podem ser convertidos em miligramas por litro (mg/l) de Ca, utilizando os cálculos descritos por Parron *et al.* (2010). Os cálculos são apresentados na equação 4.a, onde a molaridade de EDTA ( $M_{\text{EDTA}}$ ) é igual a 0,01 mol/l,  $m_{\text{EDTA}}$  é a quantidade de ml de EDTA gasta para que o sistema vire, variando em cada amostra, a massa molar do Ca ( $n_{\text{Ca}}$ ) é igual a 40, e a quantidade de amostra utilizada foi fixada em 50 ml, o que leva a equação 4.b.

$$\frac{M \cdot ml \cdot n_a}{ml_{\text{mostra}}} \cdot$$

Equação 4.a

$$\frac{\cdot \cdot ml \cdot \cdot}{\cdot \cdot}$$

Equação 4.b

### 3.4. Estatística Descritiva Univariada

A análise estatística univariada é o ramo da estatística que se dedica a apresentar as principais características de uma determinada variável. Neste processo foi feito o sumário estatístico, o histograma e calculados os *outliers* e valores extremos da variável de estudo (ANDRIOTTI, 2005; ANDRIOTTI, 2010).

O sumário estatístico será elaborado como descrito por Isaaks & Srivastava (1989) com doze medidas estatísticas divididas em três grupos. O primeiro grupo de medidas estatísticas engloba as medidas de localização, são elas: média, moda, mediana, valores de mínimo e máximo, o primeiro e o terceiro quartís. O segundo se refere ao espalhamento dos dados e conta com as medidas estatísticas chamadas variância, desvio padrão e distância inter quartis. E o terceiro dedica-se as medidas de forma, são elas: o coeficiente de *Skeness* e o coeficiente de variação.

O estudo da estatística univariada foi feito pelo meio da descrição de histogramas da variável de estudo, criado com o auxílio do programa ESTATÍSTICA 7. É a forma mais comum de se apresentar dados numéricos em forma de gráfico, e demonstra a distribuição observada (ISAASKS & SRIVASTAVA, 1989).

As estatísticas do primeiro grupo nos dá informações sobre onde estão as várias partes da distribuição. A média, a mediana e o modo dão certa idéia de onde está o centro da distribuição. A localização de outras partes da distribuição é dada por vários quantis.

Dados  $n$  números  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , a média aritmética se define como a equação 6. Esta medida localiza o centro de gravidade de distribuição sendo muito suscetível a mudanças nos valores extremos e pouco suscetível a alterações em valores centrais.

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{Equação 5}$$

A mediana é o ponto médio dos valores observados se estiverem dispostos em ordem crescente. Metade dos valores estão abaixo da mediana e metade dos valores estão acima da mediana. Uma vez que os dados são ordenados de modo que  $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ , a mediana pode ser calculada a partir de uma das seguintes equações:

$$M = \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2} + 1}}{2} \quad \text{Equação 6}$$

A moda é o valor que ocorre com mais frequência e a classe com a barra mais alta do histograma dá uma idéia rápida de onde ela está. Um dos inconvenientes da moda é que ela muda com a precisão dos valores de dados, por esta razão, a moda não é particularmente útil para conjuntos de dados nos quais as medições têm vários dígitos significativos.

O menor valor no conjunto de dados é o mínimo. Em muitas situações práticas os valores menores são registrados simplesmente como sendo abaixo de algum limite de detecção. O maior valor no conjunto de dados é o máximo.

Da mesma forma que a mediana divide os dados em metades, os quartis dividem os dados em quatro partes. Se os valores dos dados estiverem dispostos em ordem crescente, então um quarto dos dados fica abaixo do quartil inferior ou primeiro ( $Q_1$ ) e um quarto dos dados cai acima do quartil superior ou terceiro, ( $Q_3$ ).

Tal como com a mediana, os quartis podem ser facilmente lidos a partir de um gráfico de probabilidade. O valor no eixo x, que corresponde a 25% no eixo y, é o quartil inferior e o valor que corresponde a 75% é o quartil superior.

O segundo grupo inclui a variância, o desvio padrão e o intervalo interquartil. Estes são usados para descrever a variabilidade dos valores dos dados.

A variância é a diferença quadrática média dos valores observados de sua média. Uma vez que envolve diferenças quadráticas, a variância é sensível a valores altos erráticos e é dada pela equação 7. Deste parâmetro vem o desvio padrão, que é simplesmente a raiz quadrada da variância. Frequentemente usado em vez da variância, já que suas unidades são iguais às unidades da variável que está sendo descrita.

$$\bar{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_i - m)^2 \quad \text{Equação 7}$$

Outra medida útil da disseminação dos valores observados é o intervalo interquartil. O intervalo interquartil ou IQR, é a diferença entre os quartis superior e inferior e é dado pela equação 9.

Diferentemente da variância e do desvio padrão, o intervalo interquartil não usa a média como o centro da distribuição e, portanto, é preferida se alguns valores erraticamente altos influenciam fortemente a média.

A forma da distribuição é descrita pelo coeficiente de Skewness e pelo coeficiente de variação; O coeficiente de Skewness fornece informações sobre a simetria, enquanto o coeficiente de variação fornece informações sobre o comprimento da extremidade para certos tipos de distribuições. Tomadas em conjunto, essas estatísticas fornecem um valioso resumo das informações contidas no histograma.

Uma característica do histograma que as estatísticas anteriores não capturam é a sua simetria. A estatística mais comumente usada para resumir a simetria é uma medida chamada coeficiente de Skewness, que é definida como

$$\frac{\sum (v_i - m)^3}{n}$$

Equação 8

O numerador é a diferença média ao cubo entre os valores de dados e sua média, e o denominador é o cubo do desvio padrão.

O coeficiente de Skewness sofre ainda mais do que a média e variância de uma sensibilidade para valores elevados. Um único grande valor pode influenciar fortemente o coeficiente, uma vez que a diferença entre cada valor de dados e a média é ao cubo. Muitas vezes, não se usa a magnitude do coeficiente de assimetria, mas apenas o seu sinal para descrever a simetria. Um histograma positivamente inclinado tem uma longa gama de valores altos para a direita, fazendo com que a mediana seja menor que a média. Em conjuntos de dados geoquímicos, a inclinação positiva é típica quando a variável descrita é a concentração de um elemento menor. Se há uma longa quantidade de pequenos valores para a esquerda e a mediana é maior que a média, como é típico para as concentrações de elementos principais, o histograma é negativamente inclinado. Se a inclinação for próxima de zero, o histograma é aproximadamente simétrico e a mediana está próxima da média.

*Outliers* por si só podem determinar a existência de mineralizações, quando determinado elemento os apresenta em abundância. Também podem representar erros hediondos nos processos laboratoriais, porém de toda forma merecem ser estudados com maior atenção se detectados (ANDRIOTTI 2010). Sua determinação é uma tênue e contínua discussão entre geoquímicos, Andriotti (2010) faz uma breve descrição sobre os autores que já trataram sobre este problema. No presente trabalho iremos utilizar o método descrito por Andriotti (2005) como o método não paramétrico onde os valores de *outliers* são definidos com base no  $Q_1$  e  $Q_2$ , é calculando a distância entre quartis (IQR) (Equação 9). Quando este valor é multiplicado uma vez e meia e somada ao  $Q_3$  resulta no outlier superior (equação 10.a) e quando o mesmo valor é subtraído do  $Q_1$  é obtido o quartil inferior (Equação 10.b). De forma semelhante são calculados os valores extremos, porém o IQR é multiplicado pelo valor dobrado da operação anterior, estas operações matemáticas estão descritas na equação 11.a e equação 11.b.

$$IQR = Q_3 - Q_1$$

Equação 9.

$$O_s = Q_3 + 1,5.IQR \quad \text{Equação 10.a.}$$

$$O_i = Q_1 - 1,5.IQR \quad \text{Equação 10.b.}$$

$$VE_s = Q_3 + 3.IQR \quad \text{Equação 11.a.}$$

$$VE_i = Q_1 - 3.IQR \quad \text{Equação 11.b.}$$

Para verificar a complexidade dos problemas relacionados a valores extremos, é utilizado o coeficiente de variação (CV) da variável. O CV, descrito na equação 12, é o parâmetro estatístico que indica medidas de forma, na tabela 2 veremos a relação entre CV e valores extremos (SANTANA E SANTOS, 2009).

$$- \quad \text{Equação 11.b.}$$

Tabela 3 - Valores de coeficiente de variação e suas implicações em relação a valores extremos.

CV	Problemas em relação com valores extremos
<1	Problema simples
Entre 1 e 2	alguma dificuldade com valores extremos
>2	valores extremos devem gerar grande dificuldade na estimativa

Fonte: Santana e Santos (2009).

#### 4. Materiais e Métodos

A parte prática do trabalho ocorreu segmentada em três etapas, forma elas a coleta das amostras a análise química e a análise estatística.

O trabalho de campo foi realizado com o objetivo de coletar amostras de água em poços tubulares e de piezômetros para estudos químicos. Durante a realização desta etapa foram utilizadas imagens de satélite e cartas topográficas do exército na

escala 1:50.000, equipamentos como GPS (*Global Positioning System*), amostrador e garrafas de plásticos.

A campanha de campo foi realizada em quatro dias entre os meses de maio e setembro. Foi registrado um total de 10 pontos com obtenção de amostras de água, os quais se encontram na figura 1.

A técnica utilizada para a amostragem está descrita em Veiga (2005). Foi realizada com recipiente plástico, que foram limpos cinco vezes com água do local da coleta, sempre garantindo que nenhum elemento externo (como as mãos do coletor) entrasse em contato com a amostra no momento da coleta. Ainda, os seguintes cuidados também foram tomados:

- em poços tubulares, foi-se aberta a torneira e findados 2 minutos deu-se início ao processo de coleta.
- para poços de piezômetro, que não apresentam bombeamento, foi feita a coleta com amostrador, ou *bailer*. O *bailer* foi mergulhado com auxílio de uma corda metrada para auxiliar a inferência da profundidade do poço.

Os frascos foram identificados conforme o código dos pontos amostrados apresentados na figura 1. Para preservar as amostras estas congelados em local apropriado até o envio ao laboratório.

Os pontos TSP 1 ao 5 e TSP 7 e 8 estão localizados na primeira área de estudo, na cidade de Caçapava do Sul.

Na mineradora Dagoberto Barcelos foram coletadas as amostras TSP 1, 2, 3 e 4. A mostra TSP 1, foi coletada em poço tubular com profundidade próxima a 60 m, foi retirada diretamente do poço. A amostra TSP 2 foi coletada na tubulação abastecida por poço tubular com profundidade próxima de 45 m. As amostras TSP 3 e 4 foram retiradas de poços de piezômetro com a auxílio de um amostrador. O primeiro piezômetro (TSP 3) tem a profundidade de 10 m, já o segundo (TSP 4) tem 15 m de profundidade.

O ponto TSP 5 foi amostrado em um piezômetro de 15 m de profundidade nas dependências da mineradora Inducal.

O ponto TSP 7 foi amostrado em um poço tubular de aproximadamente 60 m na unidade de beneficiamento da empresa Fida.

O ponto TSP 8 foi amostrado em um poço tubular de profundidade desconhecida nas proximidades da sede da mineradora Mônego, e no momento da coleta, a bomba submersa que abastece as redes hidráulicas estava desativada. Sendo assim o único ponto que possibilitou a coleta foi uma torneira alimentada por uma caixa d'água com a tampa quebrada, estando exposta a todo o tipo de contaminação.

Na cidade de Vila Nova do Sul foram realizadas três coletas que receberam os códigos de TSP 6, TSP 9 e TSP 10. Todas elas foram coletadas em poços tubulares localizados em residências próximos a área da nova cava de mineradora Andrezza.

O ponto TPS 6 foi amostrado em uma residência com apenas um morador, que não cedeu à permissão para que as amostras fossem coletadas diretamente do poço. Obrigando a amostragem a ser feita em uma torneira abastecida por uma caixa d'água.

O ponto TSP 9 foi amostrado na residência, onde foi possível fazer a coleta diretamente do poço, e o ponto TSP 10 foi amostrado em uma torneira nas proximidades da residência abastecida pelo poço da amostra TSP 9.

Os testes de titulação complexométrica foram feitos no laboratório de análises químicas (LAQUIM) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em regime de triplicata com contra provas quando os resultados apresentaram inconsistências. Foram diluídos 50 ml de amostra diluída em 50 ml de água deionizada. Em sequência foi adicionado o indicador murexida e se iniciou a titulação com o reagente EDTA até que se observasse o ponto de viragem, neste caso, quando a substância alterasse sua cor para roxo. Então é verificado o quanto do reagente foi gasto, desta forma pode-se quantificar cálcio livre na amostra, conforme apresentado no item 3.4.

Tabela 4 -Valores de titulante durante o processo de volumetria.

Amostra	Teste EDTA (ml)	Réplica EDTA (ml)	Treplica EDTA (ml)	Contra Prova EDTA (ml)
TSP1	4,7	4,8	4,8	---
TSP2	3,0	2,5	2,7	2,8
TSP3	3,1	2,8	2,7	---
TSP4	7,25	<del>7,8</del>	7,2	7,2
TSP5	4,6	4,35	4,6	---
TSP6	1,5	<del>2,8</del>	1,2	1,5
TSP7	8,9	8,7	8,8	---
TSP8	<del>1,3</del>	0,7	0,6	0,7
TSP9	4,6	4,5	4,4	---
TSP10	5,0	5,0	5,0	---

Fonte: Autor

Tabela 5 - Valores medidos de Ca, nome dos pontos e coordenadas das amostras obtidos através de titulação complexométrica.

Amostra	X (m)	Y (m)	Ca (mg/l)
TSP1	267444	6618844	38,13
TSP2	266975	6618699	22,00
TSP3	267226	6616782	22,93
TSP4	267294	6616841	57,73
TSP5	269011	6617858	36,13
TSP6	217095	6638447	11,20
TSP7	268998	6616936	70,40
TSP8	263877	6621621	5,33
TSP9	215611	6638035	36,00
TSP10	215635	6638459	40,27

Fonte: Autor Fonte: Autor

Tabela 6 - Sumário estatístico da variável Ca.

Medidas de localização		Medidas de Espalhamento		Medidas de Forma	
Média	34,01	Variância	395,69	<i>Skilness</i>	0,41
Moda	35	Desvio Padrão	19,892	Coefficiente de Variação	0,5848
Mediana	36,07	IQR	18,27		
Mínimo	5,33				
Máximo	70,40				
Q1	22				
Q3	40,27				

Fonte: Autor

Figura 9 - Bancada preparada para o teste de volumetria.



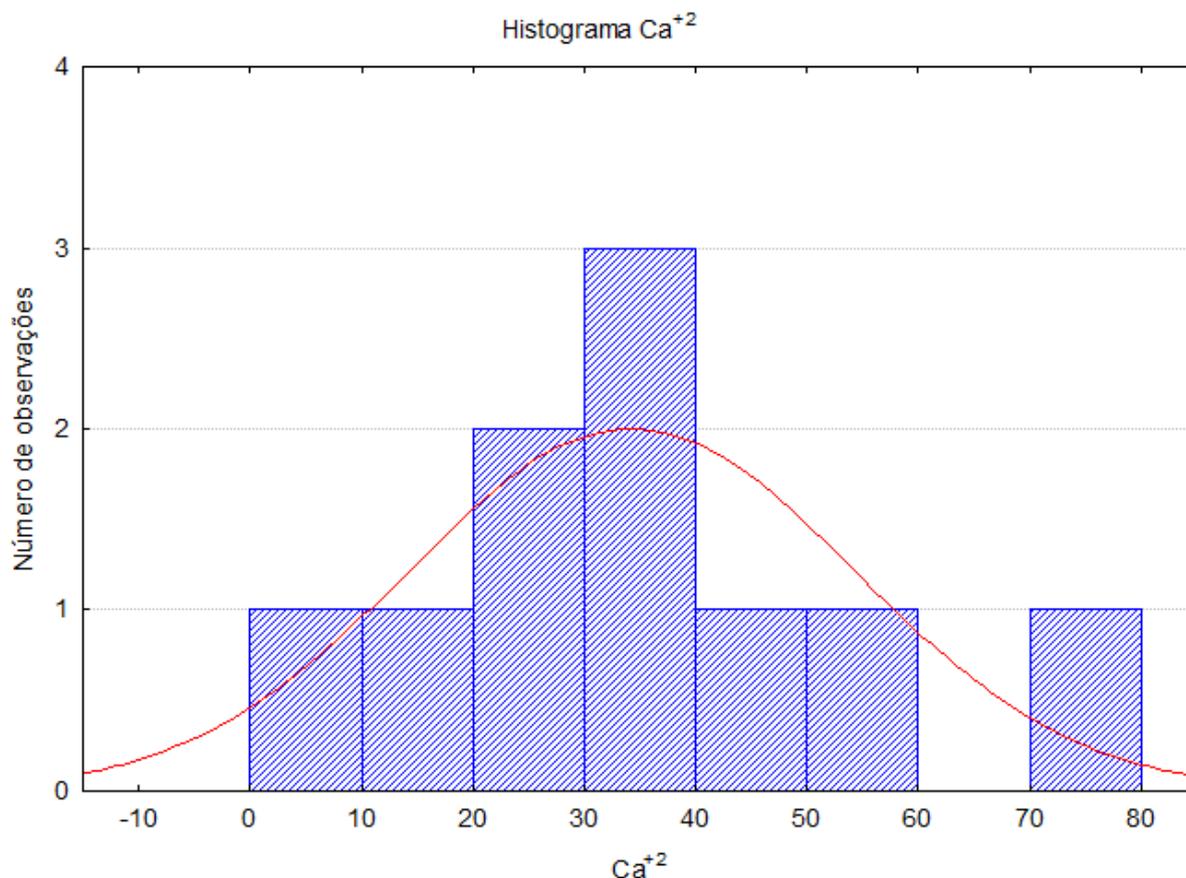
Fonte: Autor

Segundo Santana & Santos (2009), o valor da média menor que o da mediana, sugere uma distribuição gaussiana com assimetria negativa. O coeficiente de *Skilness*, uma medida de forma, apresenta valor positivo indicando a assimetria negativa. Observando os gráficos histograma (Figura 10) e *boxplot* (Figura 11) é confirmada a assimetria negativa devido ao intervalo de classe 30 mg/l a 40 mg/l apresentar três observações, o próximo intervalo a direita ter a metade de observações que a classe a esquerda.

A tabela 7 mostra os valores de *outliers* e valor extremo superior e inferior da variável estudada. Com o auxílio desta tabela e da figura 10 é possível dizer que a amostra TSP 7 apresenta enriquecimento anômalo de Ca livre em água. Além do mais, pela inexistência de *outliers* ou valores extremos negativos é possível dizer

que não existem amostras com empobrecimento da variável de estudo. Sobre os valores extremos ainda é possível dizer que não existem distintas populações neste banco de dados, em relação a variável de estudo, fato este que pode ser contrariado com a aplicação de estatística exaustiva a fim de compreender melhor as distribuições do analito.

Figura 10 - Histograma da variável em estudo.



Fonte: Autor

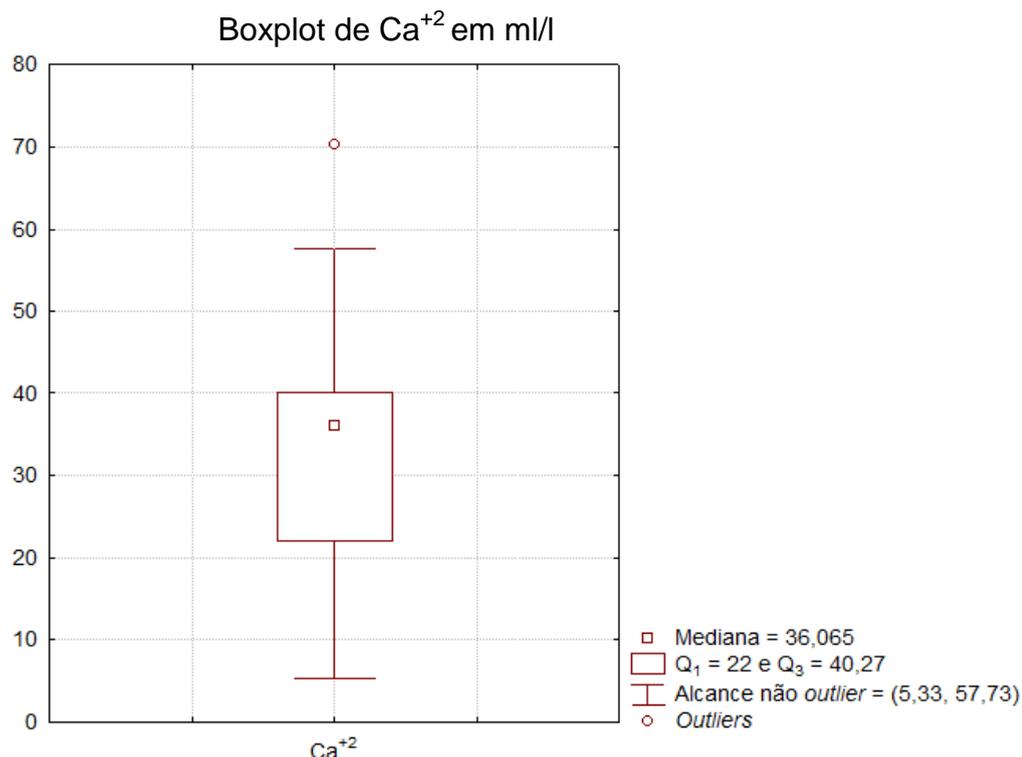
Tabela 7- *Outliers* e valores extremos.

Parâmetro Estatístico	Valor
<i>Outlier</i> Inferior	N/D
<i>Outlier</i> Superior	67,675
Valor Extremo Inferior	N/D
Valor Extremo Superior	95,08

Fonte: Autor

Com o auxílio da figura 10 que apresenta o gráfico do tipo *Box Plot* é localizada a posição do *outlier* (TSP 7), da mediana (TSP 5) e os quartis inferior e superior.

Figura 11 - *Boxplot* da variável de estudo.



Fonte: Autor

Segundo Andriotti (2010) um *outlier* pode indicar uma mineralização, porém não pode ser dito que o enriquecimento em cálcio observado neste caso é reflexo direto da geologia. As condições precárias do local de coleta deixaram a amostra exposta a contaminações por aerossol gerado pela atividade mineira, como mostra Morales (1986). Este autor mostra que grãos do tamanho areia podem ser transportados em suspensão no ar por muitos quilômetros.

## 5. Resultados e Discussões

Este trabalho apresenta resultados preliminares em relação ao conhecimento da distribuição do elemento cálcio no aquífero Embasamento Cristalino II e nas rochas que o formam. Porém possibilitou um primeiro passo abrindo espaço para

mais questionamentos e alguma experiência como contribuição para o conhecimento acadêmico.

Foi possível realizar as coletas e analisar as concentrações de cálcio livre em meio aquoso. Estes dados que estão apresentados na tabela 4.

Também foi possível realizar a estatística descritiva dos dados obtidos, como consta nas tabelas 6 e 7, nas figuras 9 e 10 e nas discussões presentes no item 4. Os dados analisados apresentaram distribuição gaussiana assimétrica negativa como evidenciado pelas técnicas descritas por Santana & Santos (2009).

A análise de *outliers* foi possível ser realizada e indica o enriquecimento anômalo de  $\text{Ca}^{+2}$  livre em água na amostra TSP 7.

## 6. Referências

- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES B.B.; FUCY, R.A. **Brazilian structural provinces: An introduction**. 1981. *Earth Scienci Reviews*, 17:1-29.
- ANDRIOTTI, J.L.S. **Técnicas estatísticas aplicáveis a tratamento de informações oriundas de procedimentos laboratoriais**. 2005. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Secretaria de Relações Instrucionais e Desenvolvimento, Porto Alegre. 45p.
- ANDRIOTTI, J.L.S. **Interpretação de dados de prospecção geoquímica com o auxílio de estatística**. 2010. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Secretaria de Relações Instrucionais e Desenvolvimento, Porto Alegre. 75p.
- BACCAN, N., ANDRADE, J. C., GODINHO, O. E. S., BARONE, J. S. **Química Analítica Quantitativa Elementar**. 2001. Editora E. Blücher, 3a. edição.
- BURIOL, G.A., ESTEFANEL, V., DE CHAGAS, Á. C., & EBERHARDT, D. **Clima e vegetação natural do Estado do Rio Grande do Sul segundo o diagrama climático de Walter e Lieth**. 2007. <http://www.bioline.org.br/abstract?id=cf07012>.
- BORBA, A. W. **Evolução geológica da “Bacia do Camaquã”(Neoproterozóico e Paleozóico inferior do Escudo Sul-rio-grandense, RS, Brasil): uma visão com base na integração de ferramentas de estratigrafia, petrografia e geologia isotópica**. 2006. Tese de Doutorado. Curso de Pos-Graduação em Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 121p.
- CHEMALE JR, F. **Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense**. 2000. *Geologia do Rio Grande do Sul*, p. 13-52.
- DANA, J. D.; HURLBUT JR, C. S. **Manual de mineralogia**. 1974. vol. 2. Livros Técnicos e Científicos Editora SA, Rio de Janeiro.
- FRAGOSO-CESAR, A.R.S. **Tectônica de placas no Ciclo Brasileiro: as orogenias dos cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul**. 1991. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências, Tese de Doutorado. São Paulo. p. 362.
- GOÑI, J.C., GOSO, H, ISSLER. R, S,. **Estratigrafia e Geologia Econômica do Pré-Cambriano e Eopaleozóico Uruguaio e Sul-Riograndense**. 1962. Escola de Geologia Universidade Federal do Rio Grande do Sul, avulso nº 3, Porto Alegre.
- GRAZIA. C. A; PESTANA. M. H. D. **Mercúrio antrópico e outros elementos em drenagens associadas às minerações auríferas de Lavras do Sul**. 2008. Porto Alegre: CPRM. (Convênio CPRM/FEPAM-RS) p.62: il; Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica – PGAGEM
- HASENACK, H; WEBER, E. **Base Cartográfica Vetorial Contínua Do Rio Grande Do Sul Escala 1:50.000**. 2010. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Ecologia, Laboratório de Geoprocessamento. Porto Alegre. p. 21.
- HEILBRON, M.L.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R. & JANASI, V.A. **Província Mantiqueira**. 2004. In: V.M. Mantesso-Neto, A.; BARTORELLI, C.D.R. Carneiro.; BritoNeves, B.B. (orgs.). *Geologia do Continente Sul-Americano*. São Paulo, Editora Beca, p. 203-234.
- ISAACS, E.H., & SRIVASTAVA, R.M. **Applied geostatistics**. 1989 Oxford University Press. New York, 561p.
- LANGSCH, J. E., PAIVA, P. R. P., MONTE, M. B. M., GASPAR, J. C., & BARROS, L. A. F. **Efeito do tempo de residência e do percentual de sólidos da polpa na**

**dissolução de cálcio e magnésio presentes em minérios carbonatados.** (2007). VII Meeting Of The Southern Hemisphere on Mineral Technology e XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios E Metalurgia Extrativa, Ouro Preto (pp. 281-287).

MACHADO, J.L.F. **Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do sistema aquífero Guarani no Rio Grande do Sul.** 2005. Tese de Doutorado, PPGeo/UNISINOS, São Leopoldo. 254 p.

MACHADO, J.L.F.; FREITAS, M.A. **Projeto Mapa hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final-Porto Alegre: CPRM.** 2005. Retrieved June, v. 4, p. 2007.

MORALES, Christer. **The airborne transport of Saharan dust: a review.** 1986. Climatic Change, v. 9, n. 1-2, p. 219-241.

PARRON, L.M.; MUNIZ, D.H.F.; PEREIRA, C.M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química da água.** 2011. Colombo: EMBRAPA Florestas.

PETTIJOHN F. J. **Rocas Sedimentares.** 1976. Traduzido por: TURNER J. 3 ed. Editora Universitária de Buenos Aires. Buenos Aires, 731 p.

REMUS, M. V. D.; HARTMANN, L. A.; MCNAUGHTON, N. J.; GROVES, D. I.; FLETCHER, I. R. **The link between hydrothermal epigenetic copper mineralization and the Caçapava Granite of the Brazilian Cycle in southern Brazil.** 2000. Journal of South American Earth Sciences, v. 13, p. 191- 216.

RIBEIRO, M.; BOCCHI, P.R.; FIGUEIREDO FILHO, P.M.; TESSARI, R.I. **Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul.** 1966. Brasil. Rio de Janeiro: DNPM/DFPM, Boletim 127, 232 p.

RIBEIRO, M. **Geologia da folha de Bom Jardim: Rio Grande do Sul- Brasil.** 1970. In: Boletim: Divisão de Geologia e Mineralogia. Brasília, 247: 1-142.

SAALMANN, K., REMUS, M. V. D., HARTMANN, L. A. **Tectonic evolution of the Neoproterozoic São Gabriel block, southern Brazil: Constraints on Brasiliano orogenic evolution of the Rio de la Plata cratonic margin.** 2006. Journal of South American Earth Sciences, 21(3), 204-227.

SANTANA, R. A.; SANTOS, N. T. **Utilização de Técnicas Geoestatísticas na Otimização da Amostragem em Parcelas de Povoamento de Tectonas Grandis.** 2009. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

SANTIAGO, M. M. F., FERNANDES, M. A. B., MENDONÇA, L. A. R., FRISCHKORN, H., & Lima, J. O. G. D. **Mecanismos de salinização dos aquíferos cársticos nas chapadas do Araripe e do Apodi.** 2002. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

SANTOS, A. C. Noções de hidroquímica. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** 1997 v. 3, p. 325-358.

SOLIANI Jr., E. **Os dados geocronológicos do Escudo Sul-Rio-Grandense e suas implicações de ordem geotectônica.** 1986. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, 425p.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins.** Brasil, 1998.

TÓNILO. J.A.; GRAZIA. C.A.; PARISI. G.; MULLER E.I.; DRESSLER V.L. **Prospecção hidrogeológica no carbonatito Três Estradas, RS.** In XIII COGRESSO

BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA & III SIMPÓSIO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL. 2011, Gramado. **Anais**. Vol. 13, pp. 1769-1772.

TUCKER, M.E. **Sedimentary rocks in the field: A practical guide**. 2011. John Wiley & Sons.

VARGAS, T. **Transferência de elementos maiores, traços e elementos das terras raras no sistema fertilizante – solo – água subterrânea em sedimentos quaternários na região de águas claras Município de Viamão /RS**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências.

VEIGA, G. **Análises físico-químicas e microbacteriológicas de água de poços de diferentes cidades da região sul de Santa Catarina e efluentes líquidos industriais de algumas empresas da grande Florianópolis**. 2005. Relatório Final de Estágio. Graduação em Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 25p.

VOGEL, A.I.; AFONSO, J.C. **Análise química quantitativa**. 2000. 8 ed. Grupo Gen-LTC. São Paulo. 712 p.

APENDICE A – Mapa de localização das medidas de cálcio.

Figura 12 - Mapa de localização das medidas de cálcio.

