



MATHEUS GORNISKI FRENZEL

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA  
GERAL (SASG) NA REGIÃO DE GARIBALDI, RS**

Porto Alegre, 2017

MATHEUS GORNISKI FRENZEL

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA  
GERAL (SASG) NA REGIÃO DE GARIBALDI, RS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Orientador:** Prof. Dr. Pedro Antonio Roehe Reginato

Porto Alegre, 2017

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Reitor:** Rui Vicente Oppermann

**Vice-Reitor:** Jane Fraga Tutikian

## INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Diretor:** André Sampaio Mexias

**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Frenzel, Matheus Gorniski

Caracterização Hidrogeológica do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) na Região de Garibaldi, RS. / Matheus Gorniski Frenzel. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2017.  
[94 f.] il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2017.

Orientador: Pedro Antonio Roehe Reginato

1. Hidrogeologia. 2. Sistema Aquífero Serra Geral. 3. Hidroquímica.  
I. Título.

CDU 55

---

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Sibila Francine T. Binotto

CRB 10/1743

---

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Campus do Vale Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS - Brasil  
CEP: 91501-970 / Caixa Postal: 15001.

Fone: +55 51 3308-6569

E-mail: bibgeo@ufrgs.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso **CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL (SASG) NA REGIÃO DE GARIBALDI, RS**, elaborado por Matheus Gorniski Frenzel, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Comissão Examinadora:**

---

Prof. Dr. Ari Roisenberg

---

Prof. Dr. Gustavo Barbosa Athayde

---

Prof. Me. Marcos Imério Leão

## **AGRADECIMENTOS**

Antes de tudo, agradeço aos meus pais, Silvana Gorniski e Vinicius Frenzel, pelo apoio incondicional que me deram durante toda a vida. Sem eles eu não teria nem entrado na UFRGS, tampouco estar me formando. Também agradeço aos meus tios e avós pela torcida e bons momentos.

Agradeço ao Instituto de Geociências e seus professores, pela ótima qualidade de ensino público que nos é provido. Se nós formandos nos tornarmos bons profissionais, o mérito também é de vocês.

Em especial agradeço ao meu orientador Prof. Pedro Antonio Reginato, o qual se não fosse por ele, não sei do que seria esse trabalho. Sem sua prestatividade, paciência e dedicação, não haveria monografia. Obrigado por acreditar.

Agradeço ao meu amor e companheira por já sete anos – e contando – Mariana Machmann, por sempre me apoiar e acreditar em mim. Nos vimos crescer e nos superar juntos, e logo vai ser tu te formando. Ainda vamos viver muita coisa juntos.

E por fim, a toda gurizada da geologia, pelas saídas de campo inesquecíveis, pelos trotes e pelos apavoramentos pré-prova. Enfim, conseguimos!

Vielen Dank!

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a caracterização e avaliação hidrogeológica e estrutural do Sistema Aquífero Serra Geral na região do município de Garibaldi, situado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. A captação da água na região provém do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), formado por aquíferos fraturados associados às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. As expansões social e econômica, bem como o aumento na produtividade do setor industrial e vitivinícola do município, aumentam sua demanda por água, tornando necessária a perfuração de um maior número de poços. Neste trabalho, foram avaliadas as características geológicas, hidrogeológicas e hidroquímicas do SASG em Garibaldi, bem como avaliadas áreas mais favoráveis para a locação de novos poços. Para tal, foi criado um banco de dados com informações de 162 poços tubulares obtidos de empresas e órgãos públicos. Uma caracterização estrutural foi feita através de levantamento de campo e da identificação e traçamento de lineamentos em SIG. As caracterizações hidrogeológica e hidroquímica foram feitas a partir do tratamento estatístico dos parâmetros catalogados no banco de dados. As águas foram classificadas através do Diagrama de Piper e avaliadas quanto a potabilidade por comparação dos teores de ferro, manganês, fluoretos e nitratos com os VMPs definidos pelo Ministério da Saúde brasileiro. Foi identificado que a maioria dos poços possui profundidade entre 100 e 150 m e que o nível estático se encontra majoritariamente nos 10 primeiros metros de profundidade. A capacidade específica é no geral baixa, com uma mediana de 0,45 m<sup>3</sup>/h/m e média de 0,92 m<sup>3</sup>/h/m. Há uma grande variação na vazão, sendo o valor mínimo obtido de 0,6 m<sup>3</sup>/h e o máximo de 85,714 m<sup>3</sup>/h, com uma média de 13,956 m<sup>3</sup>/h e mediana de 7,55 m<sup>3</sup>/h. As águas foram classificadas como bicarbonatadas cálcicas e bicarbonatadas cálcico magnesianas. Foi identificado que os lineamentos associados a poços de melhor produção situam-se nos intervalos de orientação N60-90E e N60-90W, seguidos dos intervalos N30-60W e N30-60E. A locação de novos poços deve ser feita preferencialmente próxima a lineamentos com orientações nestes intervalos.

**Palavras-Chave:** Hidrogeologia. Sistema Aquífero Serra Geral. Hidroquímica.

## ABSTRACT

This work has as its objective the hydrogeological and structural characterization and evaluation of the Serra Geral Aquifer System in the region of Garibaldi municipality, situated in the northeast region of the Rio Grande do Sul State, Brazil. The water abstraction in the region comes from the Serra Geral Aquifer System (SASG), formed by fractured aquifers associated with the volcanic rocks of Serra Geral Formation. The social and economic expansion as well as the increased productivity of the industrial and wine sectors in the municipality increases its demand for water, making it necessary the drilling of a higher number of wells. In this work, the geological, hydrogeological and hydrochemical characteristics of SASG in Garibaldi were evaluated, as well as favorable areas for allocation of new water wells. For such, a database was created with information from 162 water wells obtained from companies and public bodies. A structural characterization was made through field survey and identification and tracing of lineaments in GIS. The hydrogeological and hydrochemical characterizations were made through statistic treatment of the cataloged parameters from the database. The waters were classified through Piper Diagram and their potability evaluated by comparison of their iron, manganese, fluoride and nitrate contents with the maximum allowed values (VMPs) defined by the Brazilian Ministry of Health. It was identified that the majority of wells have a depth between 100 and 150 meters, and that the static water level is low in general, with a median of 0,45 m<sup>3</sup>/h/m and a mean of 0,92 m<sup>3</sup>/h/m. There is a large variation in the water yield, with a minimum value obtained of 0,6 m<sup>3</sup>/h and a maximum of 85,714 m<sup>3</sup>/h, a mean of 13,956 m<sup>3</sup>/h and a median of 7,55 m<sup>3</sup>/h. The waters were classified as being of calcium-bicarbonate and calcium-magnesium-bicarbonate types. It was identified that the lineaments associated with highly productive wells have their orientations contained in the N60-90E and N60-90W intervals, followed by the N30-60W and N30-60E intervals. The allocation of new wells must be made preferably near to the lineaments contained in these orientation intervals.

**Keywords:** Hydrogeology. Serra Geral Aquifer System. Hydrochemistry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do Município de Garibaldi em escalas municipal, estadual e continental. ....	13
Figura 2 – Mapa com a distribuição da Formação Serra Geral no continente Sul-Americano em relação à Bacia do Paraná e suas formações sedimentares, justaposto com a formação homóloga africana de Etendeka, na Namíbia. ....	17
Figura 3 – Mapa representando em detalhe as unidades Gramado e Palmas/Caxias da Formação Serra Geral dentro dos limites do município de Garibaldi. ....	18
Figura 4 – Seção colunar característica de uma sequência vulcânica da Unidade Palmas. Limites do derrame ácido marcados por tracejado em vermelho. ....	19
Figura 5 – Seção esquemática de um derrame típico da Fm. Serra Geral com suas estruturas primárias e suas relações com os recursos que podem ser extraídos. ....	20
Figura 6 – Detalhe do mapa hidrogeológico do RS indicando o município de Garibaldi. O traçado horizontal sobre o sg2 indica que a capacidade específica é em média menor que 0,5 m <sup>3</sup> /h/m. ....	23
Figura 7 – Resultado da pesquisa realizada no SIAGAS para os poços situados em Garibaldi, RS. ....	31
Figura 8 - Mapa com a localização dos pontos com descrição de afloramentos em campo. ....	38
Figura 9 - Diagrama de roseta com as direções de 44 fraturas medidas em campo. ....	45
Figura 10 – Mapa apresentando a TIN gerada através dos dados de altitude da Base Cartográfica Vetorial Contínua do RS. Os lineamentos traçados estão representados em cinza claro. ....	46
Figura 11 - Diagrama de roseta dos 362 lineamentos identificados através da TIN. ....	46
Figura 12 - Mapa de localização dos poços catalogados. ....	48
Figura 13 – Perfis dos poços de Garibaldi (direita) e Carlos Barbosa (esquerda) que encontram o SAG. ....	53
Figura 14 - Perfil litológico do poço NG 0867 da CORSAN situado em Garibaldi indicando as entradas de água à esq. e a descrição à dir. do perfil. ....	59
Figura 15 - Diagrama de Piper utilizado para a classificação das águas. ....	70
Figura 16 - Diagrama de Schoeller-Berkaloff utilizado para identificação de tendências entre as águas. ....	71



Figura 17 - Mapa de avaliação de áreas mais favoráveis para locação de novos poços.

.....73

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Perfilagem óptica sendo realizada em um dos poços tubulares sem sistema de bombeamento instalado, utilizando a câmera de inspeção de poços Rcam-1000 XLT. ....	34
Fotografia 2 – Medição de dados hidroquímicos utilizando uma sonda multiparâmetros Eutech PCTestr 35 em uma fonte represada. ....	36
Fotografia 3 - Disjunções tabulares em riodacito, com fluxo d'água saindo dos planos. ....	39
Fotografia 4 – Afloramento com rocha de composição riodacítica apresentando três camadas estruturalmente distintas, delimitadas na imagem por tracejado. ....	40
Fotografia 5 – Plano entre camadas alterado indicando fluxo de água. ....	41
Fotografia 6 - Derrame apresentando fraturas subverticais, por vezes preenchidas por veios de quartzo. Pequenos geodos e amígdalas são encontrados. ....	41
Fotografia 7 - Derrames basálticos com estruturas e graus de alteração distintos. ..	42
Fotografia 8 - Dique cortando o afloramento. ....	43
Fotografia 9 - Contato entre dois derrames basálticos, sendo o derrame de baixo mais alterado que o de cima. ....	44
Fotografia 10 - Raro contato observado entre derrames riodacíticos, onde o derrame de cima encontra-se consideravelmente são em relação ao derrame de baixo. Fluxo de água oriundo do contato foi represado. ....	44
Fotografia 11 - Poço da CORSAN devidamente instalado e em bom estado. ....	49
Fotografia 12 - Poço IT444 em funcionamento, porém instalado de forma incorreta. ....	50
Fotografia 13 - Rocha vulcânica maciça microamigdalóide. Profundidade indicada no canto esq. ....	60
Fotografia 14 - Fraturas ocorrendo a partir dos 21 m de profundidade. ....	61
Fotografia 15 - Zona brechada alcançada a partir dos 23 m de profundidade. ....	61

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Porcentagem de lineamentos dentro de um intervalo de comprimento...47	47
Gráfico 2 – Porcentagem entre os usos da água captada pelos poços. ....51	51
Gráfico 3 - Volume produzido dos poços (m <sup>3</sup> ). ....52	52
Gráfico 4 - Horas Trabalhadas por poços (horas:minutos). ....52	52
Gráfico 5 - Vazão média dos poços (m <sup>3</sup> /h). ....52	52
Gráfico 6 – Porcentagem de poços apresentando profundidade em determinado intervalo. ....55	55
Gráfico 7 - Porcentagem de poços catalogados distribuídos entre intervalos de nível estático. ....55	55
Gráfico 8 - Relação entre quantidade de poços com intervalos de capacidade específica.....56	56
Gráfico 9 - Distribuição dos poços catalogados em relação às suas vazões. ....57	57
Gráfico 10 - Quantidade de entradas de água por poço e sua distribuição. ....57	57
Gráfico 11 - Relação entre poços e a profundidade de suas entradas de água.....58	58
Gráfico 12 – Relação entre a média e a mediana da cap. específica dos poços com os intervalos de orientação dos lineamentos a quem estão associados. O nº de poços associados também é discriminado. ....63	63
Gráfico 13 - Relação entre a média e a mediana da vazão dos poços com os intervalos de orientação dos lineamentos a quem estão associados. O nº de poços associados também é discriminado. ....63	63
Gráfico 14 - Relação entre os poços catalogados e o intervalo de condutividade em que suas águas se encontram. ....66	66
Gráfico 15 - Relação entre os poços catalogados e o intervalo de pH em que suas águas se encontram.....67	67
Gráfico 16 - Relação entre os poços catalogados e o intervalo de temperatura em que suas águas se encontram. ....68	68
Gráfico 17 - Relação entre os poços catalogados e o intervalo de STD em que suas águas se encontram.....68	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Derrames identificados em Carlos Barbosa, tipos de rocha e altitudes relacionadas.....	21
Tabela 2 – Os condicionantes geológicos de aquíferos fraturados, relacionados ao controle que exercem na circulação de água e quais são as limitações no estudo dos mesmos. ....	26
Tabela 3 - Situação atual dos poços identificados na região. ....	48
Tabela 4 - Distribuição e estatística dos dados catalogados para cada parâmetro dos poços do SASG. ....	54
Tabela 5 - Informações quanto aos dados de capacidade específica dos poços e sua relação com os intervalos de orientação dos lineamentos associados. ....	63
Tabela 6 - Informações quanto aos dados de vazão dos poços e sua relação com os intervalos de orientação dos lineamentos associados. ....	64
Tabela 7 - Estatística dos dados físico-químicos dos poços catalogados.....	65
Tabela 8 - Dados estatísticos quanto aos íons dominantes de 42 poços. ....	69
Tabela 9 - Dados estatísticos e VMP quanto aos valores de ferro, manganês, fluoreto e nitrato dos poços, em mg/l. ....	72

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 Localização .....	12
1.2 Caracterização do Problema / Hipóteses .....	13
1.3 Justificativa .....	15
1.4 Objetivos e Metas .....	15
2 ESTADO DA ARTE .....	16
2.1 Geologia Regional.....	16
2.2 Hidrogeologia Regional .....	22
2.3 Condicionantes Geológicos de Aquíferos Fraturados.....	25
2.4 Hidroquímica Regional .....	27
3 METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO .....	30
3.1 Etapa I - Levantamento Bibliográfico.....	30
3.2 Etapa II - Inventário e Cadastramento de Poços de Captação de Água .....	30
3.3 Etapa III - Caracterização Geológica e Estrutural.....	32
3.4 Etapa IV – Caracterização Hidrogeológica .....	33
3.5 Etapa V – Caracterização Hidroquímica.....	35
3.6 Etapa VI - Avaliação de Áreas Mais Favoráveis Para a Locação de Poços .....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	38
4.1 Caracterização Geológica e Estrutural .....	38
4.2 Captação de Água Subterrânea no Município de Garibaldi .....	47
4.3 Caracterização Hidrogeológica e Hidrodinâmica .....	54
4.4 Caracterização Hidroquímica .....	64
4.5 Avaliação de Áreas Mais Favoráveis para Locação de Poços .....	72
5 CONCLUSÕES .....	75
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77

## **1 INTRODUÇÃO**

O uso da água subterrânea no município de Garibaldi tem grande importância, pois a mesma é utilizada no abastecimento público e doméstico, bem como no desenvolvimento de atividades industriais, comerciais e agropecuárias. A expansão social e econômica do município e o aumento na produtividade do setor industrial e vitivinícola (atividades que utilizam grandes quantidades de água) aumentam a demanda pelo recurso, requerendo uma maior captação e por consequência a perfuração de um maior número de poços.

A captação da água na região provém do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), formado por aquíferos fraturados associados às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Esses aquíferos são condicionados por diferentes fatores tais como tectônica, litologia e relevo, que interferem na produção e na hidrodinâmica dos poços de captação, bem como na hidroquímica da água subterrânea. Assim, o conhecimento desses fatores condicionantes tem grande importância, pois com base nos mesmos poderão ser definidas regiões que apresentam melhores condições para a perfuração e exploração da água subterrânea. Por isso, é necessário que sejam desenvolvidos estudos voltados para a caracterização hidrogeológica e conhecimento dos condicionantes dos aquíferos.

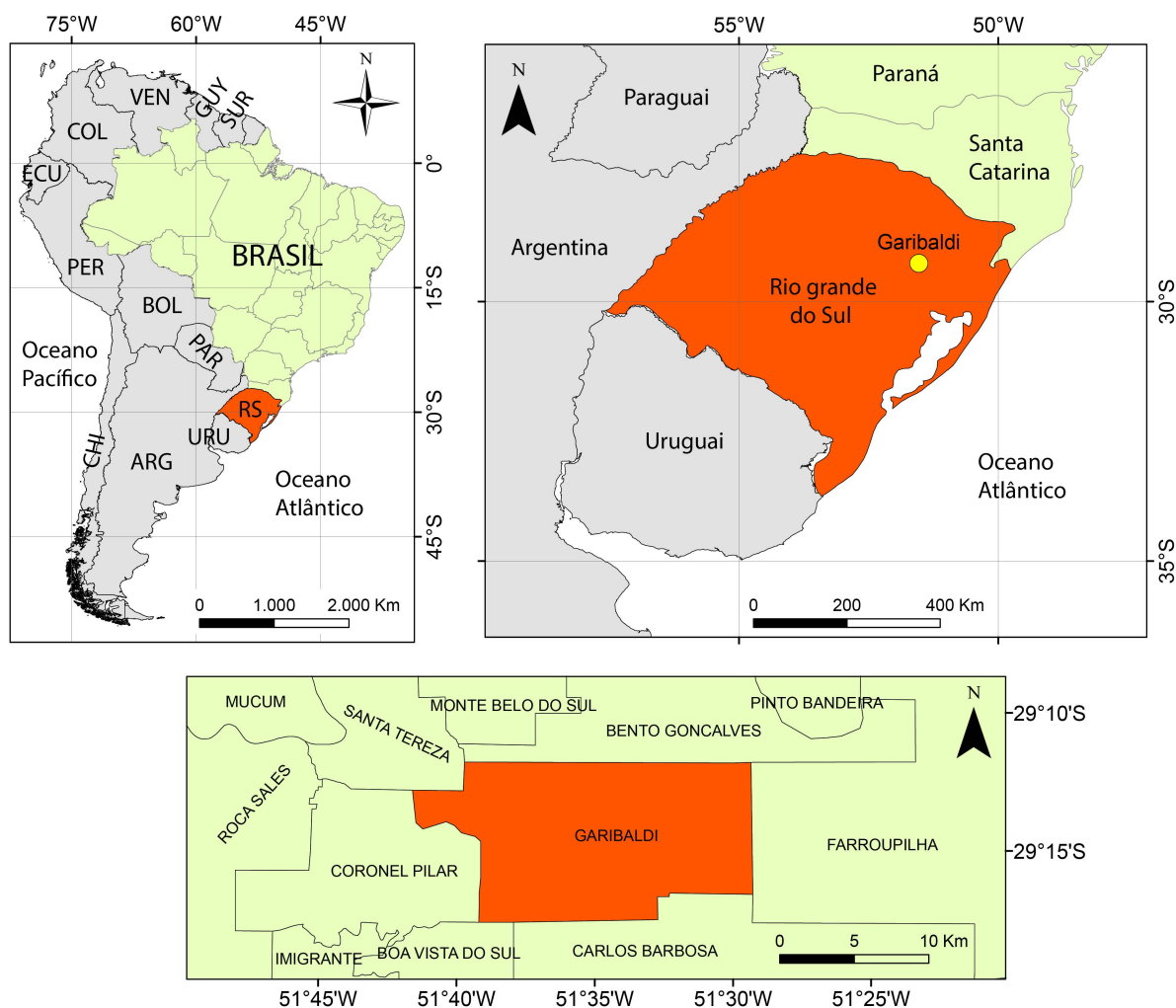
Com base nisso foi desenvolvido esse trabalho, que teve por objetivo principal realizar uma caracterização hidrogeológica, hidroquímica e estrutural do SASG no município de Garibaldi, visando assim determinar as principais características dos aquíferos fraturados que fazem parte desse sistema, bem como áreas mais favoráveis a perfuração de novos poços.

### **1.1 Localização**

A área de estudo está localizada no município de Garibaldi, situado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, na latitude 29°15'22" e longitude 51°32'01" e altitude de 617 metros. Sua área é de aproximadamente 167,697 km<sup>2</sup> e faz fronteira com os municípios de Coronel Pilar, Carlos Barbosa, Bento Gonçalves e Farroupilha,

todos situados na mesorregião nordeste do estado (Figura 1). A população de Garibaldi é de 30.692 habitantes, de acordo com o Censo de 2010 (IBGE, 2010).

Figura 1 – Localização do Município de Garibaldi em escalas municipal, estadual e continental.



Fonte: Autoria Própria.

## 1.2 Caracterização do Problema / Hipóteses

De acordo com o Resumo Diagnóstico Operacional (CORSAN, 2017) organizado pela Diretoria de Operações da Companhia Riograndense de Saneamento, no mês de junho de 2017, haviam 13.668 economias (unidades autônomas como lojas e casas) sendo abastecidas pela companhia, que atua na zona urbana do município e no distrito de Garibaldina. Durante o ano de 2007, haviam apenas 9.229 economias, indicando uma taxa de crescimento médio de economias

de 4,08% ao ano. A projeção feita pela companhia é de que até 2026 sejam abastecidas 20.093 economias, além de um volume de água utilizado de 2.483.451 m<sup>3</sup> em comparação com os 1.477.368 m<sup>3</sup> utilizados em 2016. O número de poços utilizados para o abastecimento se manteve praticamente o mesmo entre 2007 e 2016: 11 poços ativos em 2007, 13 em 2014 e novamente 11 em 2016. Porém, a média de horas por dia de trabalho dos poços aumentou de 11 horas em 2007 para 13 horas em 2016.

A captação de água feita no restante dos distritos de Garibaldi também é feita através de poços, sejam estes de propriedade privada ou de associação de moradores. Para a manutenção da captação de água no município frente ao aumento da população e, conseqüentemente, da demanda, é necessário que se determine novos pontos de captação e que se perfure novos poços. Mesmo na área rural, a atividade agrícola cresce e requer grandes quantidades de água, seja para irrigação, dessedentação de animais ou abastecimento humano.

A capacidade de produção dos poços de captação que são utilizados no município é variável, e por vezes poços produtivos apresentam vazão insuficiente para atender a demanda de água, conseqüência das condições anisotrópicas dos aquíferos fraturados que ocorrem na região. Além disso, a qualidade da água captada nem sempre é aceitável, já que naturalmente são encontradas águas com concentrações elevadas de ferro e manganês no SASG, tornando a água imprópria para consumo.

A hipótese que pode ser levantada para explicar as diferenças na produção de poços, bem como na caracterização hidroquímica da água subterrânea, está associado diretamente aos fatores condicionantes dos aquíferos fraturados. O tipo de estruturação tectônica (estruturas rúpteis), as características dos derrames (espessuras e estruturas de resfriamento), o tipo de litologia, bem como o grau de alteração da rocha vão influenciar diretamente na formação de aquíferos fraturados, na circulação da água subterrânea, bem como na composição físico-química. Sendo assim, se numa região forem realizados estudos dos fatores condicionadores desses aquíferos é possível definir ou identificar áreas mais favoráveis para a locação de poços com maior capacidade de produção, bem como fazer uma avaliação estatística da qualidade da água.



### **1.3 Justificativa**

A falta de um detalhamento da hidrogeologia no município aliado à importância da captação de água subterrânea para o abastecimento dessa região, além da expansão populacional e o aumento de atividades que utilizam grandes volumes de água como indústria e agricultura, fazem com que seja necessário o desenvolvimento de estudos com o objetivo de caracterizar os aquíferos existentes na região, tanto nos aspectos de quantidade como de qualidade. A definição de locais mais favoráveis para locação de poços, bem como conhecer a composição química da água e as causas relacionadas a possíveis problemas na sua qualidade, são pontos de grande importância para que ocorra uma melhor captação da água subterrânea. Além disso, o conhecimento hidrogeológico dos aquíferos é imprescindível para a realização de uma melhor gestão dos recursos hídricos subterrâneos na região.

### **1.4 Objetivos e Metas**

O objetivo geral deste projeto é o de realizar a caracterização hidrogeológica, hidroquímica e estrutural do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) no município de Garibaldi, RS, a fim de determinar regiões mais favoráveis à captação de água subterrânea.

Os objetivos específicos são:

- A avaliação e a análise do uso de recursos hídricos subterrâneos no município;
- A caracterização do SASG em Garibaldi com base na determinação dos fatores condicionantes (estruturas e litologias) e parâmetros de produção dos poços (vazão e capacidade específica);
- A realização de um levantamento estrutural e avaliação da correlação entre a produção dos poços e parâmetros hidrodinâmicos com a orientação de lineamentos;
- A avaliação das características hidroquímicas do SASG e identificação de problemas de alteração na qualidade da água captada.

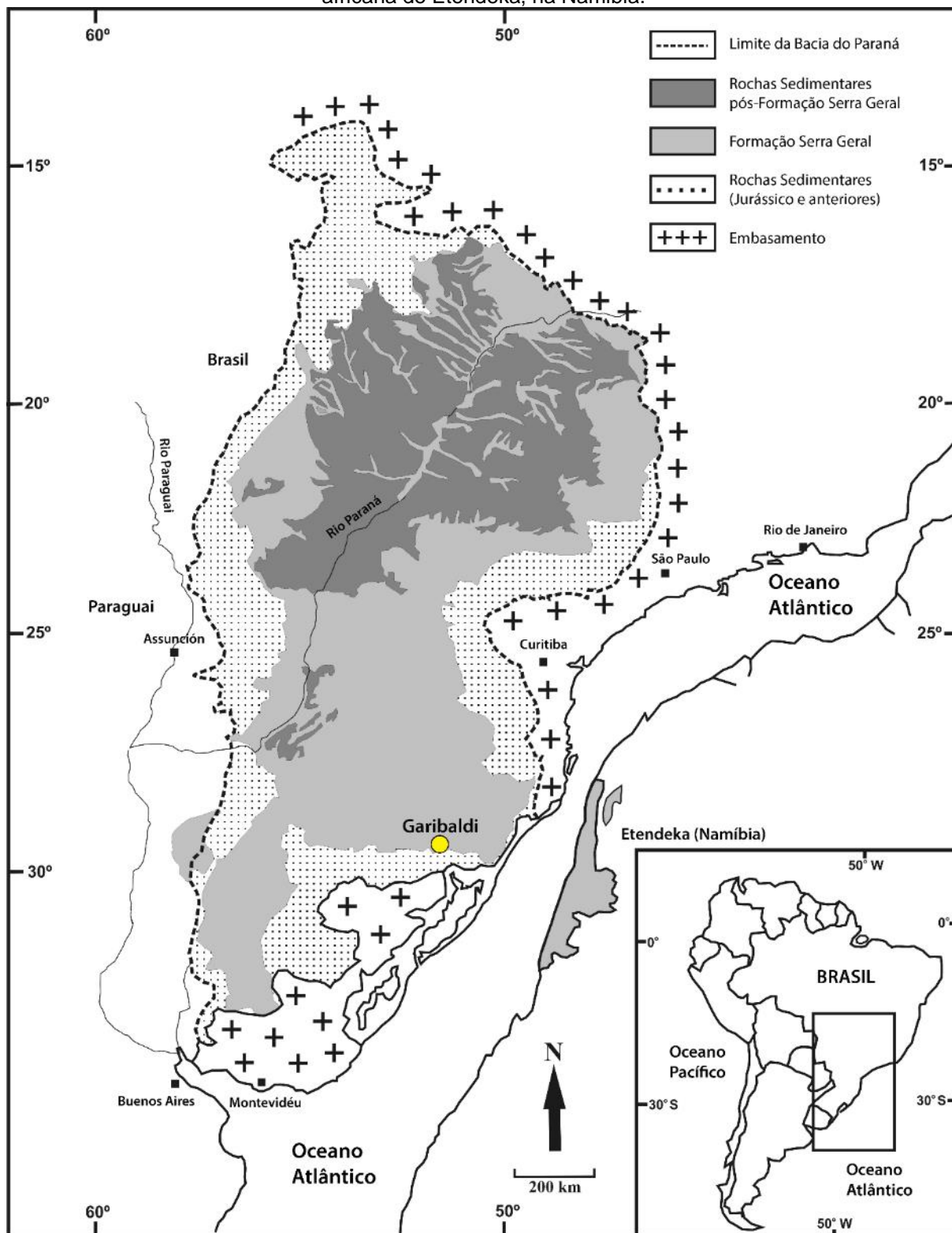
## 2 ESTADO DA ARTE

### 2.1 Geologia Regional

A área de estudo situa-se sobre a Bacia do Paraná, em sua porção Sul, sendo caracterizada como uma bacia intracratônica, com forma de depressões alongadas e orientações na direção NE-SW (MILANI, 1997), desenvolvida entre o Ordoviciano e o Cretáceo. Essa bacia abrange o nordeste da Argentina, leste do Paraguai, norte do Uruguai e porções do Brasil meridional (estados de Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) (ZALÁN et al., 1987). A bacia abrange uma área de aproximadamente 1,500,000 km<sup>2</sup>, e é preenchida por uma sequência Vulcano-sedimentar com espessura de até 7,5 km. Foram reconhecidas seis supersequências estratigráficas: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Neotriássico), Gondwana II (Mesotriássico-Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo) (MILANI, 1997).

Dentro da supersequência Gondwana III, encontra-se a Formação Botucatu, caracterizada no geral por arenitos quartzosos médios a finos de alta esfericidade com estratificação cruzada tangencial (MILANI et al., 2007), formada em campo desértico de grandes dunas eólicas com ausência de interdunas úmidas (SCHERER, 1998). Acima desta formação, encontra-se a Formação Serra Geral (WHITE, 1908), que representa 90% da Província Basáltica Continental Paraná-Etendeka (Figura 2), considerada a segunda maior LIP (Large Igneous Province) do mundo. Sua formação é relacionada com o processo de ruptura do supercontinente Gondwana e à consequente abertura do Oceano Atlântico Sul durante o Cretáceo Inferior (WAICHEL et al., 2006). A Fm. Serra Geral é constituída basicamente por basaltos toleíticos e andesitos basálticos, ocorrendo subordinadamente riocitios e riolitos (PEATE et al., 1992). Essa formação abrange uma área de 917,000 km<sup>2</sup>, com um volume aproximado superior a 600,000 km<sup>3</sup> (FRANK et al., 2009).

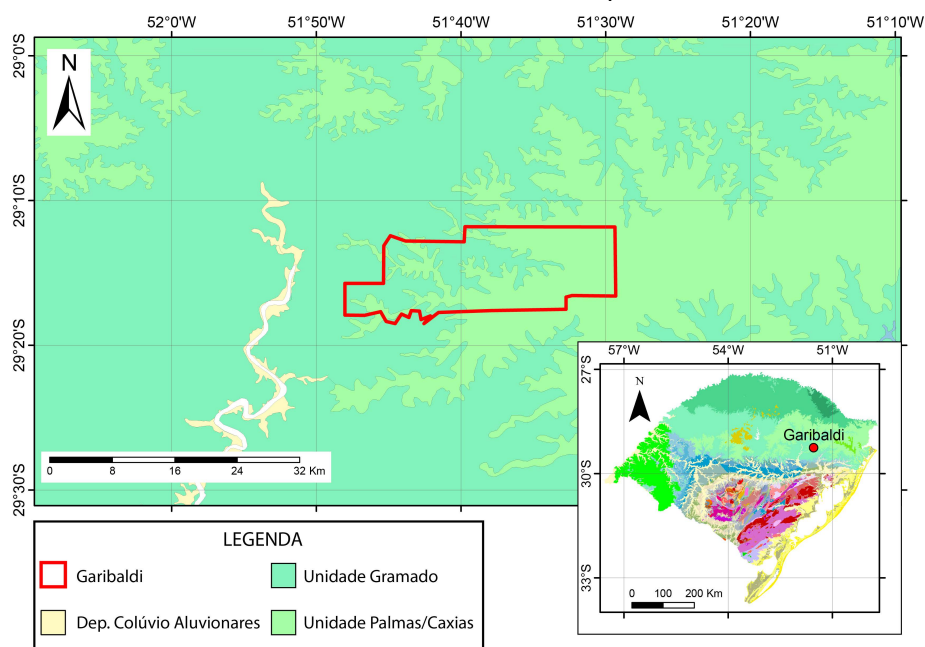
Figura 2 – Mapa com a distribuição da Formação Serra Geral no continente Sul-Americano em relação à Bacia do Paraná e suas formações sedimentares, justaposto com a formação homóloga africana de Etendeka, na Namíbia.



Fonte: Modificado de Frank et al. (2009).

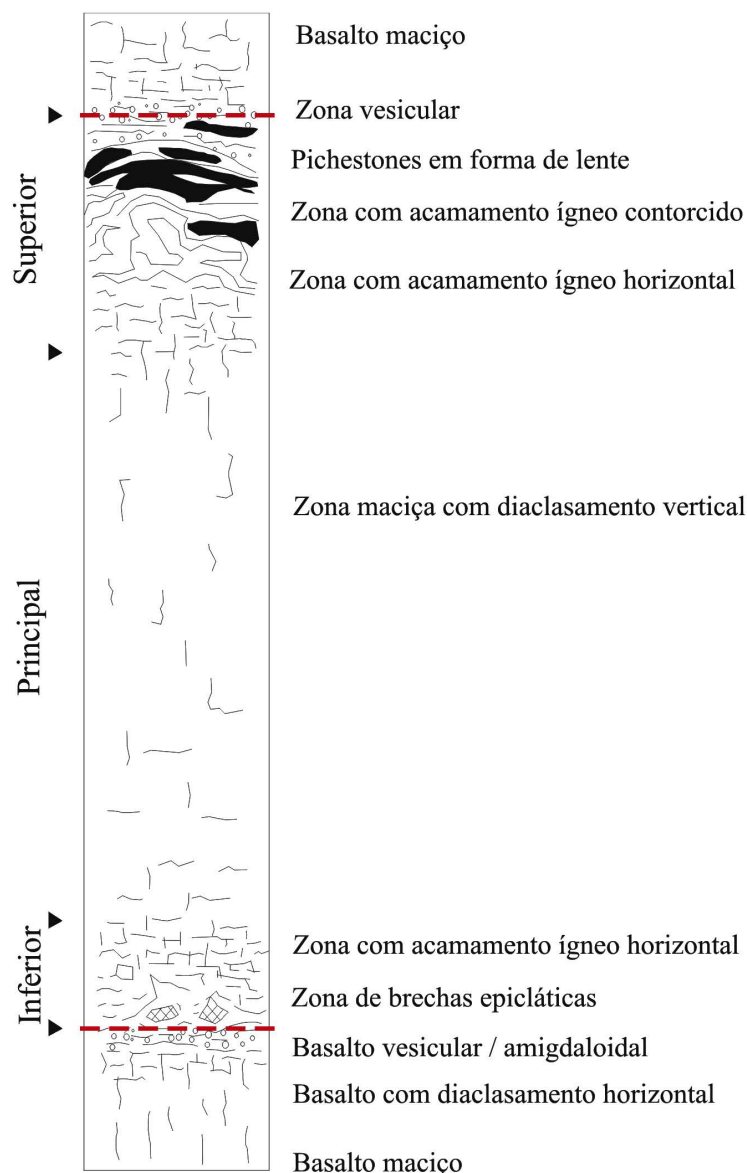
Na área de estudo, ocorrem duas unidades pertencentes à Formação Serra Geral: Unidade Gramado e Unidade Palmas/Caxias (Figura 3). Boa parte da área do município abrange a Unidade Palmas – constituído por rochas ácidas de composição dacítica a riolítica com baixo teor de Ti (GARLAND et al., 1995) – do subtipo Caxias do Sul, representado pelo Platô de Bento Gonçalves que recobre uma área de 8.929 km<sup>2</sup> e volume de 2.257 km<sup>3</sup> onde se localiza Garibaldi, e é caracterizado geoquimicamente pelo teor de TiO<sub>2</sub> entre 0,91% e 1,03% e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> entre 0,25% e 0,28% (NARDY et al., 2008). As rochas do tipo Palmas comumente apresentam coloração cinza clara, porém quando intemperizadas adquirem cor vermelho-acastanhada. São essencialmente formadas por microfenocristais de plagioclásio, além de augita, pigeonita, magnetita e apatita, com uma matriz semivítrea que abrange em média 63% do volume da rocha. Seus derrames podem ser divididos em uma zona basal de 1 a 5 metros de espessura com brechas epiclásticas ricas em minerais de preenchimento sobrepostas por disjunções tabulares. A zona principal e mais espessa apresenta diaclasamento vertical, além de vesículas e amígdalas milimétricas achatadas. A zona de topo volta a apresentar disjunções tabulares que gradua para formas distorcidas onduladas mais acima, sobreposta por corpos lenticulares de vitrófiros pretos (*pechstones*) de até 10 metros intercalados às variedades hipohialinas e uma zona vesicular (Figura 4) (NARDY et al., 2008).

Figura 3 – Mapa representando em detalhe as unidades Gramado e Palmas/Caxias da Formação Serra Geral dentro dos limites do município de Garibaldi.



Fonte: Elaborado a partir de Wildner et al. (2008).

Figura 4 – Seção colunar característica de uma sequência vulcânica da Unidade Palmas. Limites do derrame ácido marcados por tracejado em vermelho.

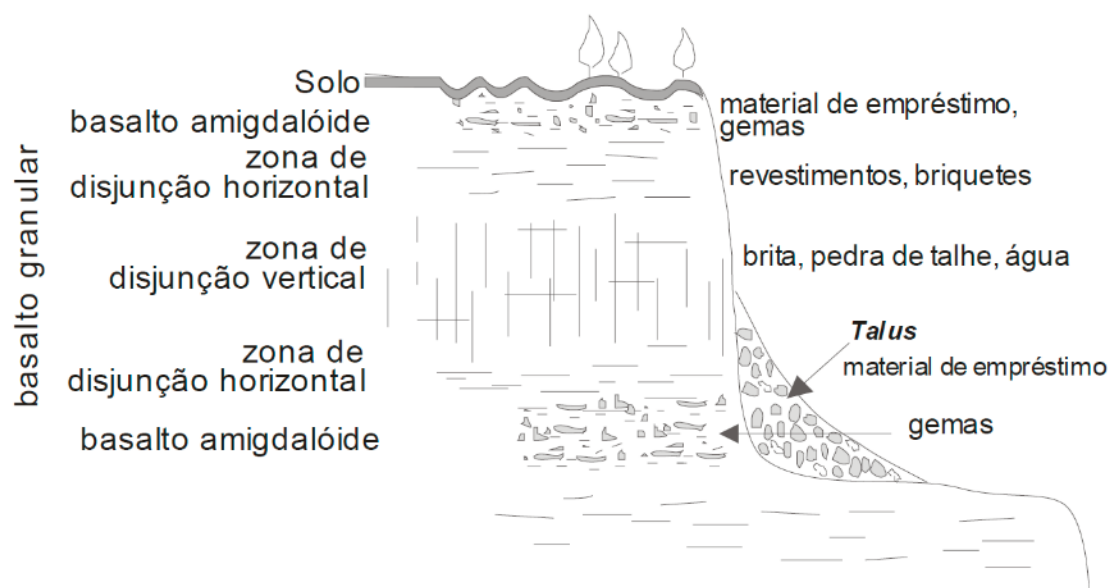


Fonte: Modificado de Nardy et al. (2008).

Na Unidade Gramado, são encontrados basaltos e andesibasaltos cinza escuros, castanhos e marrons formando derrames com espessuras menores que 30 metros (GEOBANK, 2016). A unidade é considerada um basalto toleítico de baixo Ti ( $\text{TiO}_2$  entre 0,7 e 2%) (PEATE et al., 1992). Na região de São Marcos, município a 55 km de distância a NE de Garibaldi, foi descrita como sendo constituída por clinopiroxênio, opacos, apatita e plagioclásio comumente formando pórfiros e glomeropórfiros. A porção inferior da unidade apresenta estruturas de fluxo do tipo *pāhoehoe*, enquanto que a superior apresenta estruturas do tipo *ʻāʻā*. Os fluxos *pāhoehoe* possuem espessuras de 4 a 6 metros, apresentando uma zona basal com

*pipes vesicles*, uma zona intermediária maciça e microvesiculada, e uma zona de topo com vesículas arredondadas decrescendo em tamanho em direção ao topo. Os fluxos ácidos apresentam uma carapaça externa rica em blocos vesiculados e amigdaloidais, encobrindo um núcleo espesso e maciço (LIMA et al., 2012). No geral, um derrame básico a intermediário da Fm. Serra Geral apresenta, da base para o topo, uma zona amigdalóide, uma zona de diaclases horizontais de pequena espessura, uma zona de diaclases verticais de grande espessura, uma nova zona de diaclases horizontais seguido de uma zona vesicular e amigdalóide, conforme pode ser observado na Figura 5 (WILDNER et al., 2006).

Figura 5 – Seção esquemática de um derrame típico da Fm. Serra Geral com suas estruturas primárias e suas relações com os recursos que podem ser extraídos.



Fonte: Wildner et al. (2006).

Segundo Bortolin (2014), no município vizinho de Carlos Barbosa foram identificados através de trabalho de campo sete tipos de derrames vulcânicos, sendo os dois de menor cota de composição básica e os cinco restantes de composição ácida, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Derrames identificados em Carlos Barbosa, tipos de rocha e altitudes relacionadas.

<b>Altitude (Aprox.)</b>	<b>Rocha</b>	<b>Derrame</b>
>698	Riodacito	Ácido 5
649 a 698	Riolito / Dacito	Ácido 4
620 a 649	Riodacito	Ácido 3
561 a 620	Riodacito	Ácido 2
500 a 561	Riolito	Ácido 1
445 a 500	Basalto	Básico 2
<445	Basalto	Básico 1

Fonte: Modificado de Bortolin (2014).

Os dois derrames básicos apresentam cor marrom escura e textura fanerítica muito fina, além de diaclases. O derrame básico 1 quando próximo ao contato com o derrame básico 2 apresenta brechas vulcânicas com fragmentos de basalto com vesículas e amígdalas preenchidas com zeolitas e carbonatos, e geodos alongados e orientados. O derrame ácido 1 é um riolito de cor marrom acastanhado, com vesículas e amígdalas milimétricas preenchidas por quartzo principalmente, muitas destas alongadas e orientadas. Próximo ao contato do derrame seguinte, há a ocorrência de níveis vesiculares e brechas vulcânicas. O segundo e terceiro derrames ácidos são riodacitos cinza claros, com esparsas vesículas e geodos centimétricos preenchidos por quartzo e calcita. Fraturas horizontais são presentes em baixa quantidade, ocorrendo pequena circulação de água em algumas. O derrame ácido 4 é um dacito de coloração marrom pouco fraturado com microamígdalas preenchidas por carbonato e textura fanerítica fina a muito fina. O quinto derrame ácido é um riodacito acinzentado com textura fanerítica fina e disjunção horizontal bem definida (BORTOLIN, 2014).

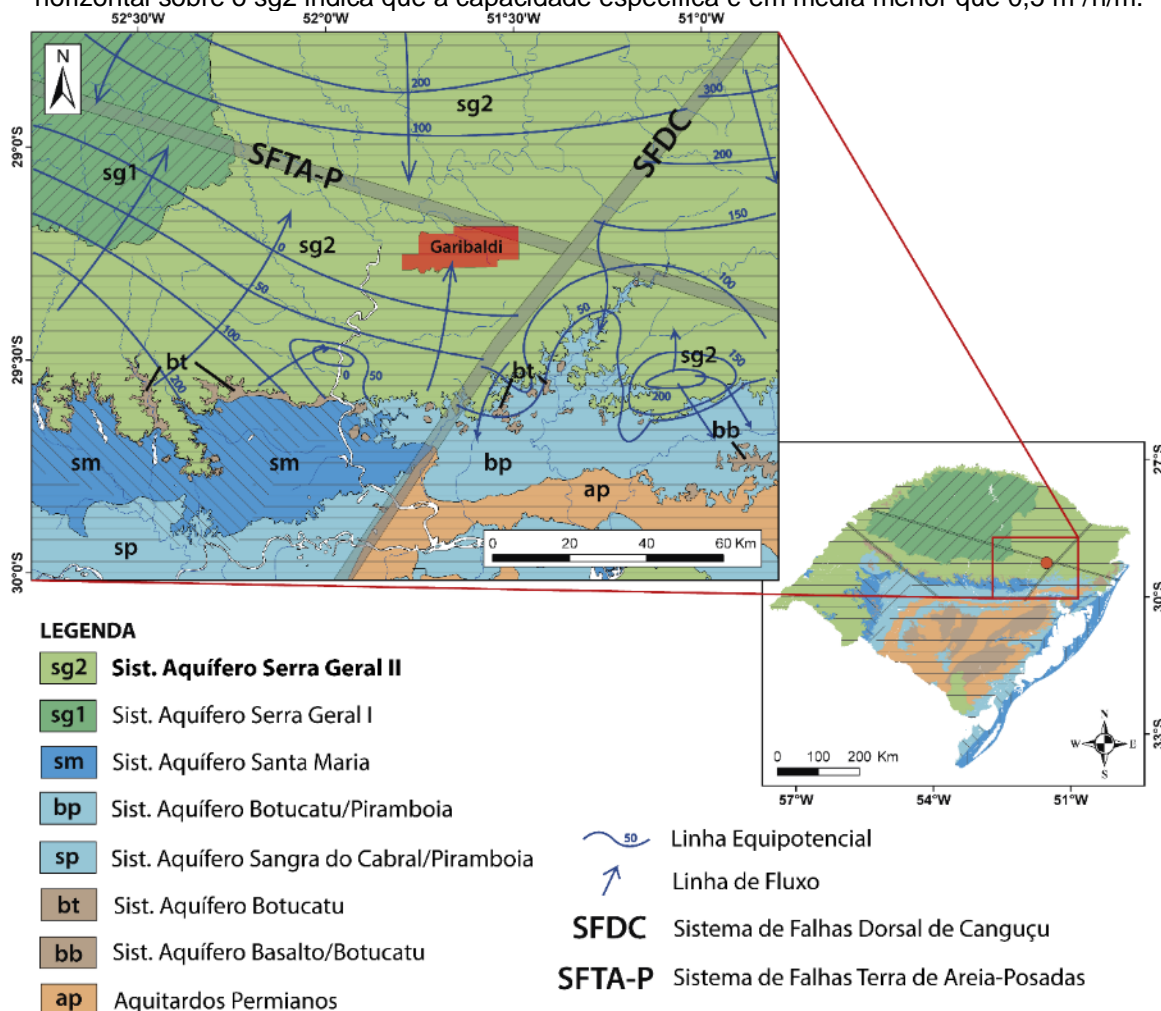
## 2.2 Hidrogeologia Regional

Segundo Hausman (1995), a área de estudo se encontra inserida na província hidrogeológica chamada Província Basáltica. Já para Lisboa (1993, 1996), a área se encontra dentro da unidade morfotectônica Fachada Atlântica, na unidade hidrogeológica chamada de Ácidas Aplainadas, onde ocorrem lineamentos de médio e pequeno porte, orientados principalmente na direção nordeste. O relevo é pouco dissecado e o manto de alteração apresenta espessura média, variando de 6 a 12 m. A unidade possui bom potencial aquífero nos lineamentos de médio porte, regular nos lineamentos de pequeno porte e baixo fora destas duas condições.

De acordo com o Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul (MACHADO; FREITAS, 2005), na área de estudo há ocorrência do Sistema Aquífero Serra Geral II (sg2), onde a capacidade específica é normalmente inferior a  $0,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ , porém em áreas mais fraturadas este valor pode alcançar mais de  $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ . Possui valores baixos de salinidade, normalmente abaixo de  $250 \text{ mg}/\text{l}$ . O SASG II se estende para o oeste do estado até os limites das rochas vulcânicas com o Rio Uruguai e litologias Gondwânicas, além de toda a extensa área nordeste do planalto associada aos derrames vulcânicos da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral, onde situa-se a área de estudo (Figura 6). O município de Garibaldi situa-se próximo a dois sistemas de falhas transcorrentes denominados Sistema de Falhas Terra de Areia-Posadas (SFTA-P) e Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu (SFDC). As linhas de fluxo indicam a posição do município em uma zona de descarga do aquífero, favorecendo a captação de água no local.



Figura 6 – Detalhe do mapa hidrogeológico do RS indicando o município de Garibaldi. O traçado horizontal sobre o sg2 indica que a capacidade específica é em média menor que 0,5 m<sup>3</sup>/h/m.



Em um estudo realizado em 302 poços tubulares no SASG, na região noroeste do estado do RS, Freitas et al. (2012) identificou que as vazões dos poços instalados nesta região variam de nulos até 78,26 m<sup>3</sup>/h, com uma média de 15,31 m<sup>3</sup>/h e mediana de 10,7 m<sup>3</sup>/h, sendo que as vazões mais comuns variam entre 5 a 10 m<sup>3</sup>/h, seguidas dos intervalos de 1 a 5 e de 10 a 15 m<sup>3</sup>/h. A capacidade específica média dos poços fica em 1,14 m<sup>3</sup>/h/m e a mediana 0,64 m<sup>3</sup>/h/m, consideradas altas para aquíferos de meio fraturado. A profundidade média com que chegam os poços de captação no SASG é de 131 m, sendo o intervalo mais frequente entre 100 e 150 m, atingindo até 470 m. Os poços mais produtivos ficam em uma faixa de profundidade de 50 a 100 m, apresentando uma queda na produtividade conforme o aumento da profundidade, principalmente após os 150 m.

Em uma caracterização do SASG na região nordeste do RS, Reginato e Strieder (2004) indicam que, dentre 283 poços analisados, 72,1% possuem vazões abaixo de 10 m<sup>3</sup>/h, 12,7% apresentam vazões entre 10 e 15 m<sup>3</sup>/h, 5,9% possuem entre 15 e 20 m<sup>3</sup>/h e 9,3% apresentam vazões acima de 20 m<sup>3</sup>/h. A capacidade específica destes poços apresenta um valor médio de 0,3954 m<sup>3</sup>/h/m, com o valor mínimo sendo de 0,106 m<sup>3</sup>/h/m e o valor máximo igual a 1,1663 m<sup>3</sup>/h/m. A profundidade média dos poços na área é de 110 m, havendo poços produtivos com profundidades acima de 150 m e podendo alcançar até 200 m, apesar de que os poços nulos apresentam uma profundidade média de 150 m. Considerando-se o comportamento hidrogeológico e hidrodinâmico, a região de Bento Gonçalves, município mais próximo a Garibaldi incluído nesse estudo, apresenta uma maior potencialidade, com uma capacidade específica média de 0,6221 m<sup>3</sup>/h/m.

A Formação Serra Geral, na região nordeste do estado do RS, é caracterizada pela presença de lineamentos do Tipo 2, feições morfoestruturais que podem ou não corresponder à fraturas e zona de fraturas, e pela atuação de dois campos tensionais, formando um padrão ortogonal de orientação próxima a Leste-Oeste e Norte-Sul. Há uma forte correlação entre os lineamentos encontrados na região e a ocorrência de poços tubulares produtivos, sendo que as estruturas nordeste, apresentando vazões entre 10 a 20 m<sup>3</sup>/h, e as estruturas noroeste (as de melhor produção), apresentando vazões acima de 30 m<sup>3</sup>/h. Para os lineamentos nordeste, as orientações N20 – 30E, N40 – 50E e N70 – 80E possuem uma associação maior com poços produtivos, e para os lineamentos noroeste as orientações N30 – 60W são as principais. (REGINATO; STRIEDER, 2006).

De acordo com Betiollo (2006), a potencialidade aquífera na região nordeste do RS não é diretamente relacionada com a densidade de lineamentos e nem com blocos tectono-estruturais da área, porém apresenta uma conexão com os lineamentos de médio porte a NE e especialmente a NW. O condicionamento do nível potenciométrico do aquífero é ligado a um mergulho regional E-W das unidades vulcânicas causado pelo soerguimento de blocos tectônicos mais a leste e o rebaixamento mais a oeste na área estudada. Também cita que os poços mais produtivos do SASG são aqueles relacionados com estruturas tectônicas que fazem ascender água do Sistema Aquífero Guarani (SAG), sendo, na verdade, áreas inseridas no potenciométrico do SAG, o que pode ser comprovado pelas características hidroquímicas das águas coletadas.

No município de Carlos Barbosa, o qual faz fronteira a sul de Garibaldi, foram estudados 137 poços, os quais apresentaram capacidade específica entre 0 e 0,3 m<sup>3</sup>/h/m e vazão variando entre 5 a 20 m<sup>3</sup>/h. A maioria desses poços apresenta profundidade entre 50 e 150 m e nível estático entre 0 e 5 m, além de possuírem entre 1 a 3 entradas de água, localizadas em torno de 50 a 100 m de profundidade. Essas entradas de água ficam localizadas preferencialmente em zonas de média a alta densidade de fraturas, as quais apresentam orientação preferencial para noroeste (BORTOLIN, 2014).

### **2.3 Condicionantes Geológicas de Aquíferos Fraturados**

A circulação de água em aquíferos fraturados é regida por uma série de fatores condicionantes (Tabela 2). Os elementos geológicos comumente considerados condicionantes são a tectônica, os lineamentos, o manto inconsolidado, a litologia, a topografia e a profundidade do aquífero (FERNANDES, 2008). A tectônica exerce forte controle sobre a abertura das fraturas, além das densidades e direções das mesmas. Barton et al. (1995) mostra que entre 70 a 80% das fraturas identificadas como condutoras estavam em orientação ótima com relação ao de esforços *in situ*. A proximidade, direção, densidade e intersecção dos lineamentos exercem grande influência na produção dos poços de uma região, pois governam a conectividade das fraturas, a qual está associada a maiores produções. O manto inconsolidado exerce uma importante função na recarga do aquífero de rocha fraturada, já que uma maior permeabilidade do mesmo permite uma maior condutividade hidráulica. A litologia também exerce influência no condicionamento do aquífero. Variações litológicas explicam em torno de 12% das variações de produção de poços (KNOPMAN; HOLLYDAY, 1993), e acamamentos e contatos litológicos podem construir os principais caminhos para o fluxo d'água em um aquífero (LACHMAR, 1994). Os vales são as feições topográficas que apresentam melhor produtividade em poços, o que pode ser explicado pelo nível d'água mais raso e pela maior densidade de fraturas. No que tange a profundidade das entradas de água, a sua presença se torna proporcionalmente menor conforme o aumento da profundidade devido à pressão

litostática que as fecham. Cavalcante (1990) observou que as entradas de água ocorrem até 154 m de profundidade em 85,7% dos poços.

Tabela 2 – Os condicionantes geológicos de aquíferos fraturados, relacionados ao controle que exercem na circulação de água e quais são as limitações no estudo dos mesmos.

	Exerce controle sobre	Limitações
Tectônica	Direção das fraturas mais abertas, controlando a direção da maior K e transmissividade.  Densidade e direção dos grupos de fraturas controlando a conectividade e armazenamento da rede de fraturas.	Muitas vezes não é disponível em trabalhos anteriores e a coleta e análise de dados estruturais pode ser demorada e exige profissionais especializados.
Lineamentos	Locação do poço próxima a zona(s) de fraturas ou sob a influência de zona(s) de fraturas.	Escala pequena (< 1:25.000) não permitem correlação com fraturas que atravessam os poços. Lineamentos de áreas de relevo suave muitas vezes podem não ser correlacionáveis a estruturas de subsuperfície e não apresentam correlação com a densidade de tais estruturas.
Manto inconsolidado	Recarga de aquíferos.	É descontínuo e de difícil mapeamento. Análises regionais não permitem observação de correlação entre espessura de manto inconsolidado e Q/s.
Litologia	Presença de descontinuidades prévias (acumulação, contatos, bandamento) e modo de propagação de fraturas.	O controle exercido pela litologia é subordinado à tectônica no que diz respeito às fraturas de maior K.
Compartimento topográfico	Saturação de: fraturas superficiais (horizontais e verticais) e manto inconsolidado, pois nos vales o nível d'água é mais próximo à superfície.	Os vales devem ser associados a lineamentos, ou seja, o maior controle é exercido por estes últimos.
Profundidade	Transmissividade de fraturas verticais diminui muito a partir de 300m de profundidade e das horizontais, a partir de 30m.	A análise deste parâmetro é fortemente influenciado pelo fato de poços serem aprofundados somente quando produções adequadas não são obtidas com poços mais rasos.

Fonte: Fernandes (2008).

De acordo com Reginato e Strieder (2006), áreas com maior dissecação do relevo são menos favoráveis a apresentarem ocorrência de águas subterrâneas, já que há um menor armazenamento e uma maior descarga em função da possível formação de fontes de encosta que se originam a partir da quebra de relevo. A litologia pode influenciar, embora em menor grau, já que os derrames vulcânicos podem apresentar estruturas de resfriamento ou mesmo primárias que, quando conectadas à rede de fraturas, podem influenciar na circulação de água subterrânea. O tipo de rocha também possui influência na composição da água que percola por elas. O solo também pode ser um condicionante, a depender do seu tipo e espessura, que podem influenciar na recarga dos aquíferos dificultando ou facilitando o processo de infiltração da água.

Um estudo realizado na região nordeste do RS, no qual a abrangência alcança metade do município de Garibaldi (REGINATO & AHLERT, 2011), observou que a ocorrência de poços produtivos no SASG está associada a determinadas orientações de lineamentos, sendo N30 – 60W as principais orientações para noroeste. Além disso, foi identificado que a densidade e a intersecção de lineamentos não apresentaram grande relação com a ocorrência de poços produtivos. Devido ao fato de que o principal condicionante do SASG é o sistema estrutural, o aquífero apresenta como característica uma grande variabilidade na produção, ocorrendo na mesma área poços nulos ou com produção insignificante e poços com até 80 m<sup>3</sup>/h de produtividade.

As estruturas primárias das rochas que compõem o SASG possuem papel importante na circulação da água. São condicionantes secundários que podem explicar poços tubulares produtivos que não estão correlacionados com nenhum lineamento. As rochas ácidas do aquífero possuem uma estruturação marcada pela presença de zonas basais, disjunções horizontais e zonas amigdaloides e vesiculares. As rochas básicas apresentam amplas zonas basais maciças com ou sem vesículas e amígdalas, disjunção vertical e zonas vesiculares e amigdaloides. As zonas vesiculares e amigdaloides são as estruturas primárias de maior importância, pois estão mais sujeitas ao intemperismo, o que facilita a abertura e conexão de vazios, colaborando na circulação d'água. O contato entre essas zonas com camadas maciças e camadas de brecha vulcânica pode, quando intemperizado, formar planos mais abertos que ajudam na circulação de água (REGINATO et al., 2006).

## **2.4 Hidroquímica Regional**

O Sistema Aquífero Serra Geral pode ser dividido em dois campos hidrogeoquímicos primários: o Campo das Águas Bicarbonatadas Cálcicas e Calcomagnesianas e o Campo das Águas Bicarbonatadas Sódicas. Há uma estratificação no aquífero marcada por uma variação nos teores de magnésio e cálcio, fortemente influenciada pela composição litológica da área (LISBOA, 1996).

Na região noroeste do SASG (FREITAS et al., 2012), através da análise de 155 amostras, identificaram quatro tipos hidrogeoquímicos: tipo I sendo Águas Bicarbonatadas Cálcicas ou Magnesianas (44,4% das amostras), as quais

apresentam curto tempo de residência, relacionadas às áreas de recarga do SASG e se destacam pelos baixos valores de pH e sais totais dissolvidos; tipo II sendo Águas Bicarbonatadas Sódicas (47,6% das amostras), que se caracterizam pelos valores de pH invariavelmente alcalinos, baixa dureza e teores de STD sugerindo mistura de águas provenientes do Aquífero Guarani; tipo III sendo Águas Sulfatadas ou Cloretadas Cálcicas Magnesianas (3,2% das amostras), representando águas com pH menor que sete, baixa dureza e teor de STD, além de baixos teores de fluoretos; e tipo IV sendo Águas Sulfetadas ou Cloretadas Sódicas (4,8% das amostras), águas alcalinas com alto STD e dureza, além de altos teores de fluoretos, também apresentando influência do aquífero Guarani.

De acordo com Reginato (2003), as águas subterrâneas do SASG na região nordeste do RS dividem-se em três campos hidroquímicos principais, na seguinte forma: 80,1% de Águas Bicarbonatadas Cálcicas ou Magnesianas, 18,4% de Águas Bicarbonatadas Sódicas e 1,4% de Águas Sulfatadas Cálcicas ou Magnesianas. Essas águas apresentam valores de condutividade entre 44 e 498  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e pH entre 5,8 e 9,9. Em relação à análise de cátions, essas águas podem ser classificadas em águas cálcicas (62%), águas mistas (37,6%) e águas sódicas (18,4%). As Águas Bicarbonatadas Cálcicas ou Magnesianas são típicas do SASG, tendo os riodacitos e basaltos como fonte do magnésio e cálcio dessas águas. A ocorrência dos outros dois tipos pode estar relacionada a um maior confinamento das águas ou pela mistura de águas do SASG e do SAG, possivelmente promovida pela presença de descontinuidades na litologia, por diferenças na carga hidráulica e na menor espessura das rochas vulcânicas.

As águas minerais do Sistema Aquífero Serra Geral, no nordeste do RS, apresentam uma predominância do ânion  $\text{HCO}_3^-$  e dos cátions  $\text{Ca}^+$  e  $\text{Na}^+$ , e apresentam invariavelmente elementos raros, como por exemplo, zinco, lítio e estrôncio. O pH das águas é em geral neutro e bem equilibrado, mantendo-se próximo de 7. As concentrações de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) condicionam a variação do pH na água (BOFF et al., 2006).

Através de uma análise da condutividade elétrica da água em 7.620 poços no SASG realizada por Freitas et al. (2016), foi identificado um valor mínimo de 10,21  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e um máximo de 7.310  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo a média de 192,56  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e a mediana de 167  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os valores se concentram na faixa entre 117,35 e 378,35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo considerado anômalo o valor abaixo ou acima dessa faixa. O município de Garibaldi

se encontra dentro de uma das zonas anômalas identificadas, denominada Zona Taquari/Antas: as espessuras do SASG variam entre 45 e 800 m, possui relevo bastante dissecado e fortes associações com as estruturas tectônicas presentes. Os poços anômalos dessa zona apresentam CE entre 379 e 1.325  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com média de 518,87  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e mediana de 438  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , tendo o pH entre 6,69 e 9,10, com média 7,72 e mediana 7,6.

De acordo com Hausman (1995), apesar da boa qualidade e potabilidade da água subterrânea encontrada na região, um dos maiores problemas que a compromete é a presença de ferro, manganês e flúor. No geral, em alguns pontos são encontradas águas subterrâneas apresentando um excesso de ferro e manganês. Sua origem está relacionada à decomposição das rochas vulcânicas portadoras de minerais ferro-magnesianos da região, que com o intemperismo acabam por fornecer estes elementos para o solo que conseqüentemente passam para as águas. A concentração de flúor também pode ter origem nas rochas vulcânicas, assim como decorrer da combinação entre recarga ascendente em condições de confinamento e longo tempo de residência da água associados à área de reduzida recarga meteórica, que acaba por se enriquecer em fluoreto (NARDY, 2008).

### **3 METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO**

Para o desenvolvimento deste trabalho foram desenvolvidas uma série de atividades que foram agrupadas em diferentes etapas.

#### **3.1 Etapa I - Levantamento Bibliográfico**

A primeira atividade definida consistiu na leitura de trabalhos científicos como artigos, periódicos, livros, teses e dissertações, além de relatórios técnicos disponibilizados pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) e pela Prefeitura Municipal de Garibaldi. Essas informações foram organizadas e utilizadas para avaliar o conhecimento prévio da geologia, hidrogeologia e hidroquímica, do Sistema Aquífero Serra Geral e da região onde está inserida a área de estudo, bem como foram compiladas e utilizadas na elaboração do estado da arte que é apresentado nesse trabalho.

#### **3.2 Etapa II - Inventário e Cadastramento de Poços de Captação de Água**

Esta atividade consistiu na pesquisa de dados de poços de captação de água distribuídos dentro do território municipal de Garibaldi para então cadastrá-los em um banco de dados criado para este trabalho. Para isso foi consultado o banco de dados geológicos e hidrogeológicos desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) denominado Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS) (Figura 7) e do banco de dados de poços do PAP/SDO (Programa de Açudes e Poços da Secretaria de Desenvolvimento e Obras do Estado do Rio Grande do Sul), além de arquivos de poços da CORSAN disponibilizados pela sua Superintendência de Recursos Hídricos (SURHI). Também foram consultadas fichas de outorga de poços disponibilizadas por empresas privadas de perfuração como HidroGeo Perfurações, Fonte Nova Poços Artesianos e Perfurações e TecniPoços Geologia e Perfurações.



Figura 7 – Resultado da pesquisa realizada no SIAGAS para os poços situados em Garibaldi, RS.

Código do Ponto	UF	Município	Localidade
4300002923	RS	Garibaldi	GARIBALDINA - RUA BUARQUE DE MACEDO
4300002924	RS	Garibaldi	SEDE - RUA ERCILIO FLORES 900
4300002925	RS	Garibaldi	SEDE - RUA ERCILIO FLORES S/N
4300002926	RS	Garibaldi	LINHA GARIBALDINA
4300002927	RS	Garibaldi	SEDE - BAIRRO BRASILIA
4300002928	RS	Garibaldi	DISTRITO DE GARIBALDINA
4300002929	RS	Garibaldi	RODOVIA RST470 - TRANSP. TEGON VALENTI
4300002930	RS	Garibaldi	DOVILIO PIANEZOLA S/N
4300002931	RS	Garibaldi	SEDE - RUA FIGUEIRA DE MELO S/N
4300002932	RS	Garibaldi	RUA JOAO COVOLO S/N
4300009425	RS	Garibaldi	AV PRESIDENTE VARGAS
4300009431	RS	Garibaldi	
4300009598	RS	Garibaldi	BORCHETTO
4300009599	RS	Garibaldi	CRUZEIRO
4300009676	RS	Garibaldi	
4300010499	RS	Garibaldi	RODOVIA RST- 470 KM 63 - BAIRRO INDUSTRIAL
4300010500	RS	Garibaldi	RODOVIA RST470 KM 222 - BAIRRO INDUSTRIAL
4300010501	RS	Garibaldi	LINHA CAMARGO
4300010502	RS	Garibaldi	LINHA ARAUJO E SOUZA
4300010503	RS	Garibaldi	SEDE - RUA BUARQUE DE MACEDO, 3252

Fonte: SIAGAS (2017).

Além disso, foi realizado um levantamento de campo para a identificação de novos pontos de captação ou a checagem dos pontos que já tinham sido identificados. Esse levantamento de campo foi realizado junto a etapa de caracterização geológica e estrutural. Para os poços identificados em campo foram coletados os seguintes dados, quando possível: localização, características construtivas, dados de NE e dados hidroquímicos (pH e CE).

O objetivo desses levantamentos foi o de efetuar o cadastramento do maior número de poços de captação de água possível dentro da área do município de forma padronizada para a realização das demais atividades deste trabalho. Para isso foram geradas três planilhas no software Excel, sendo a primeira denominada Banco de Dados Hidrogeológico, contendo dados como coordenadas UTM, proprietário do poço, uso da água, situação do poço, altitude, profundidade, nível estático, profundidade das entradas de água, capacidade específica e vazão. A segunda planilha é denominada Banco de Dados das Entradas de Água, contendo dados como a litologia associada à profundidade em que se encontram as entradas de água de cada poço cadastrado. A terceira planilha é denominada Banco de Dados Hidroquímico, o qual apresenta dados físico-químicos, bem como a composição iônica das águas dos poços e seu teor em mg/L.

Os dados armazenados nas planilhas foram utilizados nas etapas de avaliação e caracterização geológica, hidrogeológica e hidroquímica.

### 3.3 Etapa III - Caracterização Geológica e Estrutural

A caracterização geológica foi feita com base na interpretação do mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul (CPRM, 2008) que se encontra em escala 1:750.000. Esta caracterização foi posteriormente melhor definida a partir das informações levantadas na etapa de campo, com a visitação de afloramentos. A análise e interpretação de perfis geológicos selecionados de poços tubulares catalogados no banco de dados permitiu um maior detalhamento da caracterização geológica, onde foi possível identificar os diferentes derrames e suas principais características (litologia e estruturas).

A caracterização estrutural foi realizada com o objetivo de identificar a ocorrência de estruturas lineares na região de estudo, sendo estas as principais condicionantes de aquíferos fraturados. Elas foram identificadas através do modelamento de uma TIN (*Triangulated Irregular Network* ou Rede Triangular Irregular), feita a partir da interpolação dos valores de altitude das curvas de nível e pontos cotados da Base Cartográfica Vetorial Contínua do RS (HASENACK; WEBER, 2010) utilizando o *software* ArcMap. Os lineamentos quando identificados foram traçados no mesmo *software* com base na interpretação de morfoestruturas como vales orientados e trechos lineares de rios.

Além disso foram realizados levantamentos geológicos e estruturais em campo. Esses levantamentos consistiram na visitação de afloramentos distribuídos no território do município estudado para a descrição petrográfica em escala macroscópica dos derrames encontrados, além de um levantamento estrutural de campo, onde foram medidas as atitudes de planos de fratura nestes afloramentos com a utilização de bússola geológica com clinômetro do modelo Brunton Pocket Transit convencional. A escolha dos afloramentos que foram descritos foi feita conforme estes foram sendo encontrados, quando foram percorridas as estradas principais do município, visando sempre abranger de forma homogênea o território de Garibaldi. Foram definidas as localizações dos pontos de levantamento utilizando um aparelho GPS de modelo Garmin eTrex 10 para posterior plotagem em mapa utilizando o *software* ArcMap.

Para a análise dos lineamentos e as estruturas identificadas em campo foram gerados diagramas de roseta, através do *software* Stereonet 9, bem como mapas, por meio do uso do *software* ArcMap.

### **3.4 Etapa IV – Caracterização Hidrogeológica**

Nessa etapa foi feita a caracterização hidrogeológica do SASG no município de Garibaldi, sendo que para isso foram utilizados os dados armazenados no banco de dados e dados coletados com a perfilagem óptica de poços tubulares. Foram analisados cronologicamente dados de produção dos poços da CORSAN obtidos através do Resumo Diagnóstico Operacional (CORSAN, 2017) organizado pela Diretoria de Operações da CORSAN, no intuito de observar a variação entre a vazão média o volume produzido e as horas trabalhadas dos poços de 2007 a 2016.

No caso da perfilagem óptica, foi realizado a filmagem de poços tubulares, que foram identificados em campo e que não possuíam sistema de bombeamento instalado. A filmagem foi feita com uso de uma câmera de inspeção de poços de modelo Rcam-1000 XLT da Laval Underground Surveys (Fotografia 1). Este equipamento constitui-se em uma câmera colorida com visão de fundo e lateral com controle de direção e 360° de rotação acoplada em um guincho elétrico portátil de capacidade de 340 kg, braço ajustável para centralização da câmera sobre o poço, e exibição da medida da profundidade digital em tela. Alcança uma profundidade de até 300 metros e serve para poços ou furos de sondagem com diâmetros de 4" a 16". Com a gravação em vídeo do interior do poço, é possível fazer uma avaliação visual das litologias e estruturas, além de definir dados construtivos do poço.

Fotografia 1 – Perfilagem óptica sendo realizada em um dos poços tubulares sem sistema de bombeamento instalado, utilizando a câmera de inspeção de poços Rcam-1000 XLT.



Fonte: Autoria própria.

Com base nos dados armazenados no banco de dados foi feita, inicialmente, uma caracterização do uso da água subterrânea no município de Garibaldi. Essa caracterização visou a identificação do uso da água captada, número total de poços identificados e a situação dos poços. Além disso, foi feita uma avaliação da produção de água subterrânea captada pelos poços da CORSAN para demonstrar o volume que é explotado do SASG e que é utilizado para abastecimento público. Foram gerados gráficos para representar as diferentes características, sendo os mesmos elaborados com uso do programa Excel.

Para a caracterização hidrogeológica do SASG no município de Garibaldi foram utilizados os dados armazenados no banco de dados, perfis geológicos dos poços e dados geológicos e hidrogeológicos coletados em campo. Nessa etapa foram avaliadas as principais características hidrogeológicas como nível estático (intervalos de profundidade), entradas de água (número, quantidade e intervalo de profundidade de ocorrência), vazão e capacidade específica. Para esses dados foi feita uma análise

estatística dos mesmos (média, mediana, desvio padrão, etc...), bem como foram gerados gráficos com uso do programa Excel.

As informações sobre as entradas de água (profundidade das entradas) foram cruzadas com as informações de litologia descrita nos perfis dos poços tubulares, com os dados de estruturas de derrames coletados em campo (caracterização geológica e estrutural) e da filmagem dos poços. Isso permitiu avaliar quais as principais litologias e estruturas que estão associadas as entradas de água, nos poços tubulares que captam água do SASG no município de Garibaldi.

Para avaliação da correlação entre lineamentos e poços tubulares, foi gerado um mapa de lineamentos, sendo que os poços foram plotados nesse mapa. Com base nos dados de capacidade específica e vazão dos poços e a orientação dos lineamentos foi feita uma avaliação das principais orientações que estão associadas a poços produtivos. As orientações dos lineamentos que estão associados a maior produção dos poços foram cruzadas com os dados de estruturas coletadas em campo para avaliar os tipos de estruturas que condicionam a ocorrência dos aquíferos fraturados na área de estudo.

### **3.5 Etapa V – Caracterização Hidroquímica**

A caracterização hidroquímica foi feita com base na interpretação dos dados físico-químicos disponíveis para os poços catalogados da região. Além disso, foram utilizados dados hidroquímicos (pH, CE, STD e Temperatura) medidos em amostras de água subterrânea, que foram coletadas em poços tubulares, identificados durante a realização dos levantamentos de campo. As medições foram realizadas com uma sonda multiparâmetros de modelo Eutech PCTestr 35 (Fotografia 2).

Fotografia 2 – Medição de dados hidroquímicos utilizando uma sonda multiparâmetros Eutech PCTestr 35 em uma fonte represada.



Fonte: Autoria própria.

Esses dados hidroquímicos foram armazenados num banco de dados e tratados no *software* Qualigraf, programa disponível para download no site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Com esse programa foram produzidos os diagramas de Piper e de Schoeller-Berkaloff, que foram utilizados na avaliação e classificação dos diferentes tipos de água subterrânea que circulam pelo SASG na região de estudo.

O Diagrama de Piper é utilizado para classificar e representar graficamente o tipo químico da água subterrânea, de acordo com os íons dominantes ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{CO}_3^{-2} + \text{HCO}_3^{-1}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$  e  $\text{Cl}^-$ ), cujas concentrações são expressas em meq/L. Esse diagrama possui dois triângulos que representam o campo dos cátions e outro dos ânions, e um losango ao centro, onde o vértice corresponde a 100% da concentração do íon. O cruzamento do prolongamento dos dois pontos (campo dos cátions e campo dos ânions) no campo dos resultados define sua posição e, com isso, a classificação da amostra de acordo com a sua composição química.

O Diagrama de Schoeller-Berkaloff é utilizado para se avaliar a tendência das águas e distinguir famílias a partir de um padrão químico. São representados

graficamente os íons dominantes ( $\text{Na}^++\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}+\text{HCO}_3^{-1}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{NO}_3$ ) em colunas verticais, onde são traçadas sequências de linhas unindo os pontos que representam os valores dos íons em meq/L. Os valores são exibidos em escala logarítmica, no intuito de facilitar a representação e observação da relação entre íons associados a inclinação das linhas.

Também foi feita uma avaliação da potabilidade das águas dos poços catalogados comparando os resultados de diferentes parâmetros químicos identificados nas águas dos poços, com os VMPs (valores máximos permitidos) definidos na portaria de número 2914, de 12/12/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). A comparação foi realizada para os parâmetros ferro, manganês, fluoreto e nitrato.

### **3.6 Etapa VI - Avaliação de Áreas Mais Favoráveis Para a Locação de Poços**

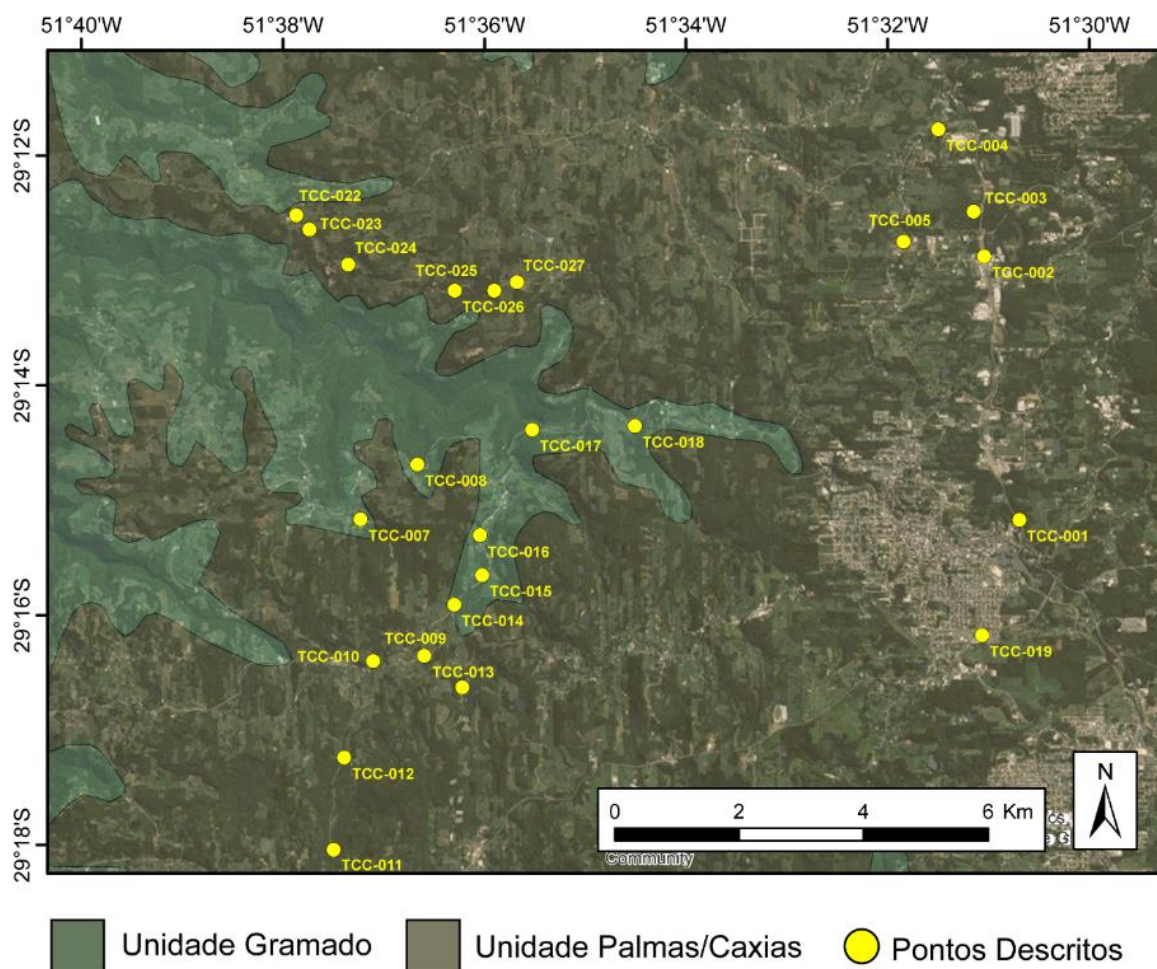
Visando identificar áreas mais favoráveis para a locação de novos poços, foi realizada uma integração entre o mapa de lineamentos com um mapa de distribuição de capacidades específicas e vazões, visando com isso identificar áreas onde há uma maior produtividade dos poços, bem como avaliar a orientação dos principais lineamentos que estão associados aos poços de maior produtividade. Com isso, foi possível identificar regiões e estruturas mais favoráveis para a perfuração de novos poços. Os mapas e o cruzamento dos dados foram feitos com uso do software ArcMap.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização Geológica e Estrutural

Através de levantamento de campo, foram descritas as litologias e estruturas de afloramentos em 23 pontos dentro do município (Figura 8), em um total de 31 pontos (sendo os outros sete, correspondentes a poços e nascentes descritas). Foi constatado que predominam rochas de composição riodacítica em afloramentos situados em altitudes de 526 m ou mais, enquanto que afloramentos em altitudes menores que 526 m apresentam rochas de composição basáltica. A litologia de todos os pontos descritos em campo coincide geograficamente com a localização das unidades Palmas e Gramado no Mapa Geológico do RS de Wildner et al. (2008).

Figura 8 - Mapa com a localização dos pontos com descrição de afloramentos em campo.

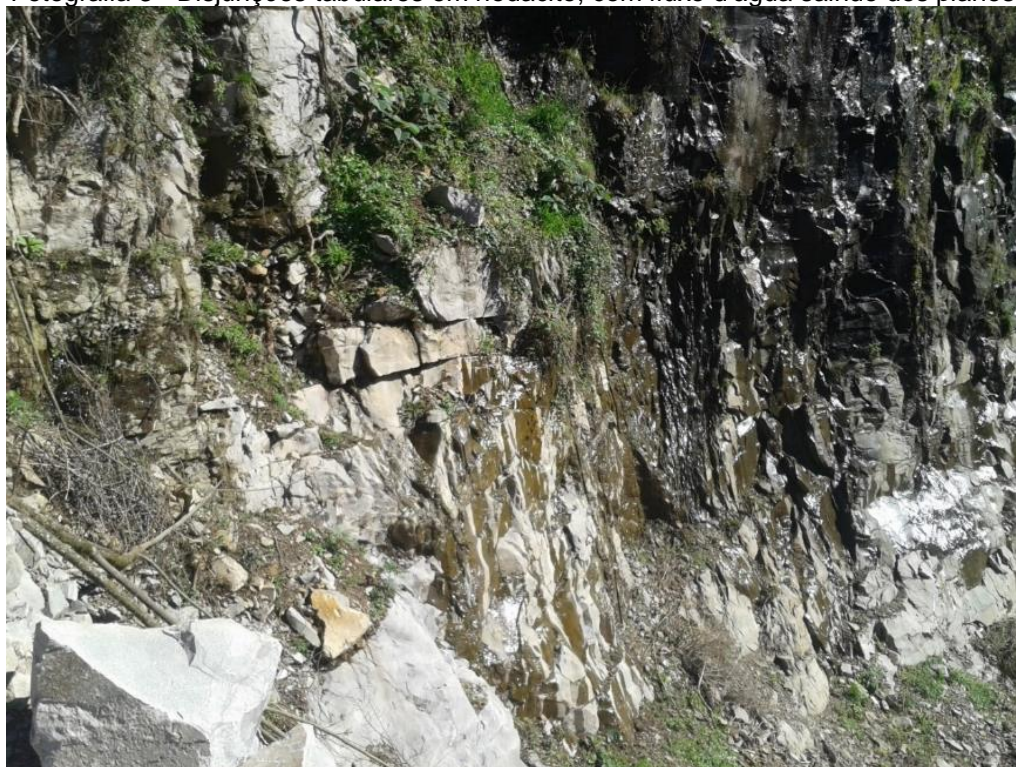


Fonte: Elaborado a partir de Wildner et al. (2008).



As rochas de composição riodacítica apresentam tipicamente coloração cinza clara quando sãs, adquirindo tons avermelhados e amarronados quando alteradas, com textura afanítica ou fanerítica fina a muito fina. As camadas visíveis em afloramentos são por vezes maciças, com poucas fraturas de baixo comprimento (centimétricas), com a presença de poucas vesículas e amígdalas milimétricas; por vezes, apresentam densas zonas de disjunções horizontais extensas, grande quantidade de vesículas e amígdalas centimétricas além de geodos de em média 10 cm de diâmetro preenchidos por quartzo e carbonatos. A alteração tende a aumentar próximo ao contato entre as camadas. Estes contatos são irregulares e frequentemente apresentam fluxo de água (Fotografia 3).

Fotografia 3 - Disjunções tabulares em riodacito, com fluxo d'água saindo dos planos.



Fonte: A autoria própria.

Em um dos afloramentos – uma parede de pedreira – foi observada a presença de estruturas horizontais separando três camadas de composição riodacítica (Fotografia 4): a camada basal e a do meio apresentam disjunções tabulares extensas e próximas, sendo que na basal há uma maior umidade e crescimento de vegetação entre as fraturas, indicando circulação de água; a camada de topo é pouco fraturada, praticamente maciça. Fraturas subverticais também são presentes. O ponto situa-se em uma altitude de 618 metros.

Fotografia 4 – Afloramento com rocha de composição riodacítica apresentando três camadas estruturalmente distintas, delimitadas na imagem por tracejado.



Fonte: Autoria própria.

Em outro afloramento, foi descrito um derrame riodacítico pouco alterado, bastante vesiculado e amigdalóide, também apresentando geodos, geralmente alongados e orientados horizontalmente. Há a ocorrência de planos horizontais com alteração separando camadas, indicando fluxo de água (Fotografia 5). O afloramento se trata de um corte de estrada, onde pode se observar a continuidade desses planos de contato no corte do outro lado da estrada, indicando uma extensa estrutura com possível contribuição para o fluxo de água. Veios preenchidos por quartzo leitoso, além de óxidos de manganês e ferro precipitados nos planos de fratura são abundantes. Disjunções horizontais de 15 a 17 cm e fraturamentos subverticais estão presentes (Fotografia 6). O ponto situa-se em uma altitude de 590 metros.

Fotografia 5 – Plano entre camadas alterado indicando fluxo de água.



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 6 - Derrame apresentando fraturas subverticais, por vezes preenchidas por veios de quartzo. Pequenos geodos e amígdalas são encontrados.



Fonte: Autoria própria.

As rochas de composição basáltica possuem cor cinza escura quando são, porém normalmente foram encontradas em estado bem alterado, apresentando então coloração marrom ou avermelhada. Em alguns afloramentos, a rocha está alterada quase que em sua totalidade, porém preservando um pouco de sua estrutura e geodos. Camadas com alta concentração de vesículas e amígdalas de tamanhos milimétricos a centimétricos foram observadas com frequência, indicando zonas de topo de derrames. Foram descritos derrames com estrutura maciça, com disjunção tabular ou vertical, ou brechados. Com grande frequência, os fraturamentos e contatos de derrames apresentavam fluxo de água.

Em um dos afloramentos, foram identificados dois derrames basálticos (Fotografia 7), sendo o derrame basal totalmente alterado, amigdalóide, com coloração amarelada. O derrame de cima se apresenta parcialmente conservado em sua base, apresentando rocha homogênea, sem vesículas e amígdalas, com fraturamentos irregulares sub-horizontais e subverticais. Mais acima, no mesmo derrame, a rocha se encontra bem alterada, preservando alguns veios de carbonatos e geodos, além de uma estrutura tabular. Um dique alterado de orientação subvertical corta os dois derrames (Fotografia 8), com orientação em (075;44). A altitude no local de afloramento é de 476 metros.

Fotografia 7 - Derrames basálticos com estruturas e graus de alteração distintos.



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 8 - Dique cortando o afloramento.



Fonte: Autoria própria.

Contatos entre derrames foram observados em alguns afloramentos, principalmente entre derrames de composição básica. Estes afloramentos encontravam-se no geral totalmente alterados, com a alteração variando em intensidade entre os derrames que estavam em contato (Fotografia 9). Os contatos são irregulares, apresentando humidade ou, em alguns casos, circulação de água (Fotografia 10), sinalizando fluxo hídrico entre contatos de derrames. Características petrográficas como maior concentração de vesículas e amígdalas e de menor tamanho próximas aos contatos eram vistas conforme descrito na bibliografia, dependendo do estado de alteração da rocha.

Fotografia 9 - Contato entre dois derrames basálticos, sendo o derrame de baixo mais alterado que o de cima.



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 10 - Raro contato observado entre derrames riódacíticos, onde o derrame de cima encontra-se consideravelmente são em relação ao derrame de baixo. Fluxo de água oriundo do contato foi represado.

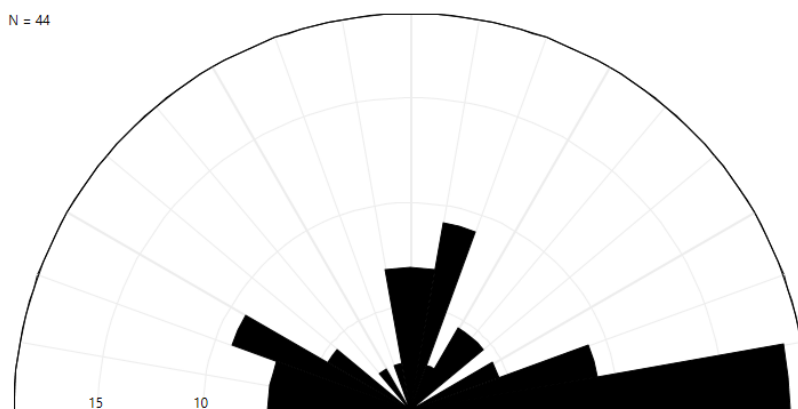


Fonte: Autoria própria.

Através da realização de 44 medidas de estruturas em campo, foi constatado que a maioria das fraturas observadas possuem orientações no quadrante NE, especialmente nos intervalos N80-90E, seguido pelos intervalos N10-20E e N70-80E. No quadrante NW, as orientações predominantes são N60-70W, N80-90W e N0-10W, nesta ordem de frequência (Figura 9).

As estruturas que apresentam circulação de água são em sua maioria fraturas horizontais ou sub-horizontais, com mergulho de até 30° e orientação predominante nos intervalos N60-70W. Contatos entre derrames também apresentam circulação de água com frequência, sendo estes muito irregulares para obter suas orientações. Fraturas sub-verticais frequentemente se encontram preenchidas por quartzo, carbonatos e óxidos de Fe e Mn. Porém, as que não estavam preenchidas apresentam orientações principalmente no intervalo N80-90E, com mergulho entre 80° e 85°.

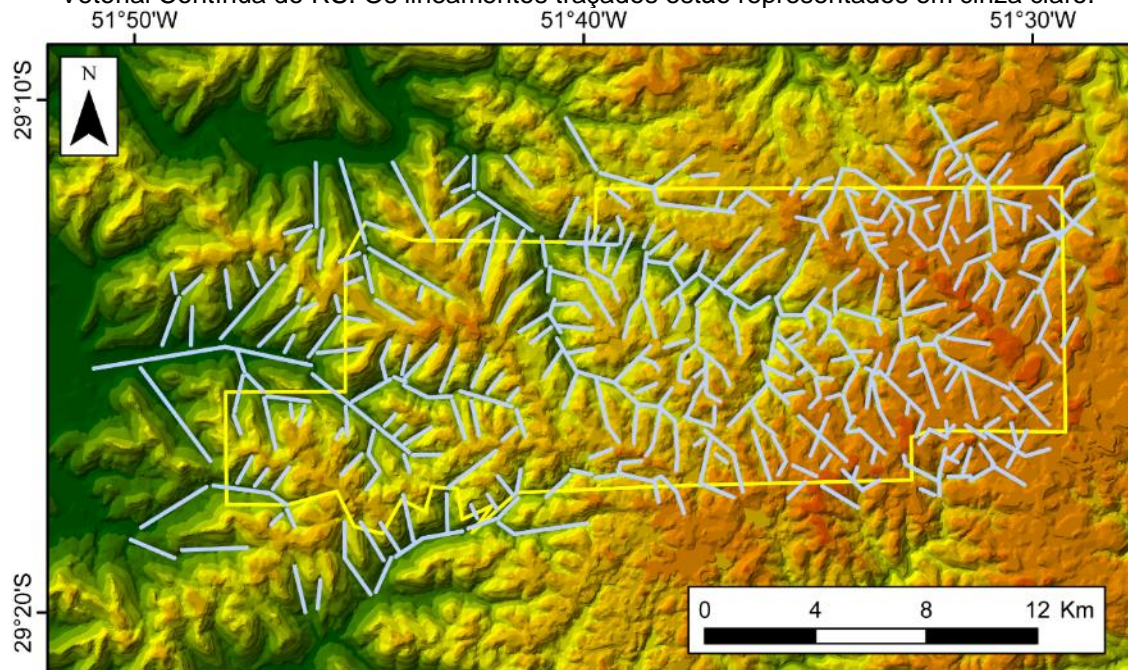
Figura 9 - Diagrama de roseta com as direções de 44 fraturas medidas em campo.



Fonte: Autoria própria.

Através do modelamento de uma TIN utilizando-se de dados topográficos, em escala 1:50.000, da região, foram identificados 362 lineamentos (Figura 10), dois quais foram obtidos dados de orientação e comprimento.

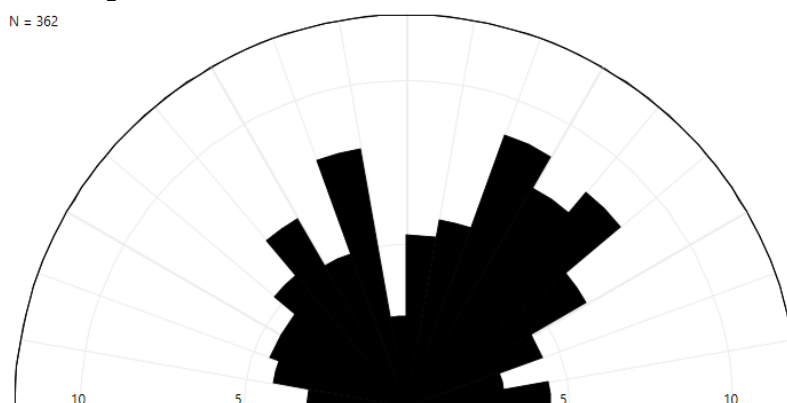
Figura 10 – Mapa apresentando a TIN gerada através dos dados de altitude da Base Cartográfica Vetorial Contínua do RS. Os lineamentos traçados estão representados em cinza claro.



Fonte: Elaborado a partir de Hasenack e Weber (2010).

Com a análise do diagrama de roseta (Figura 11), constatou-se que as orientações dos lineamentos concentram-se no quadrante NE (N20-30E, N40-50E, N30-40E, N50-60E), seguido do quadrante NW (N10-20W, N30-40W, N40-50W).

Figura 11 - Diagrama de roseta dos 362 lineamentos identificados através da TIN.

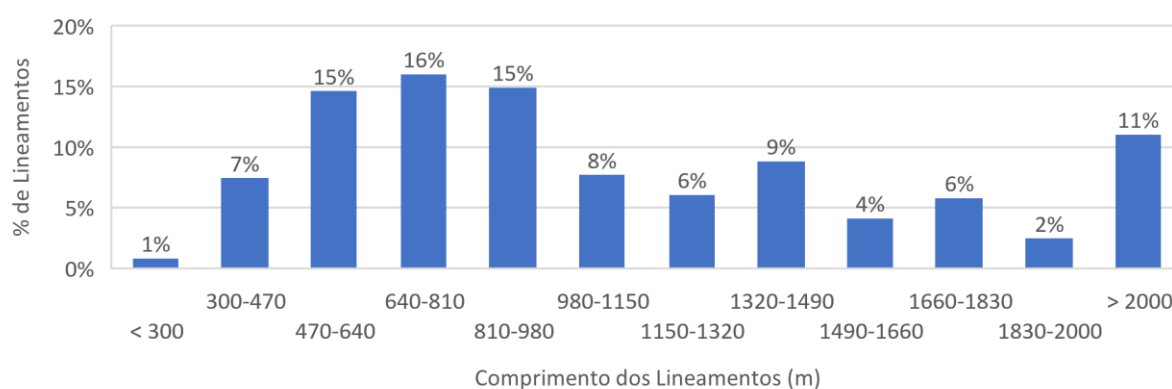


Fonte: Autoria própria.



A partir de um histograma desenvolvido com os dados de comprimento dos lineamentos identificados através da TIN (Gráfico 1), se constatou que 16% dos lineamentos possuem comprimento no intervalo 640-810 m, 15% no intervalo 470-640 m, 15% no intervalo 810-980 m e 11% acima de 2 km. O menor lineamento encontrado alcança 218 m de comprimento, enquanto que o maior chega aos 8 km de comprimento. Quase a metade dos lineamentos, portanto, se encontra no intervalo entre 470 e 810 m de comprimento (46%).

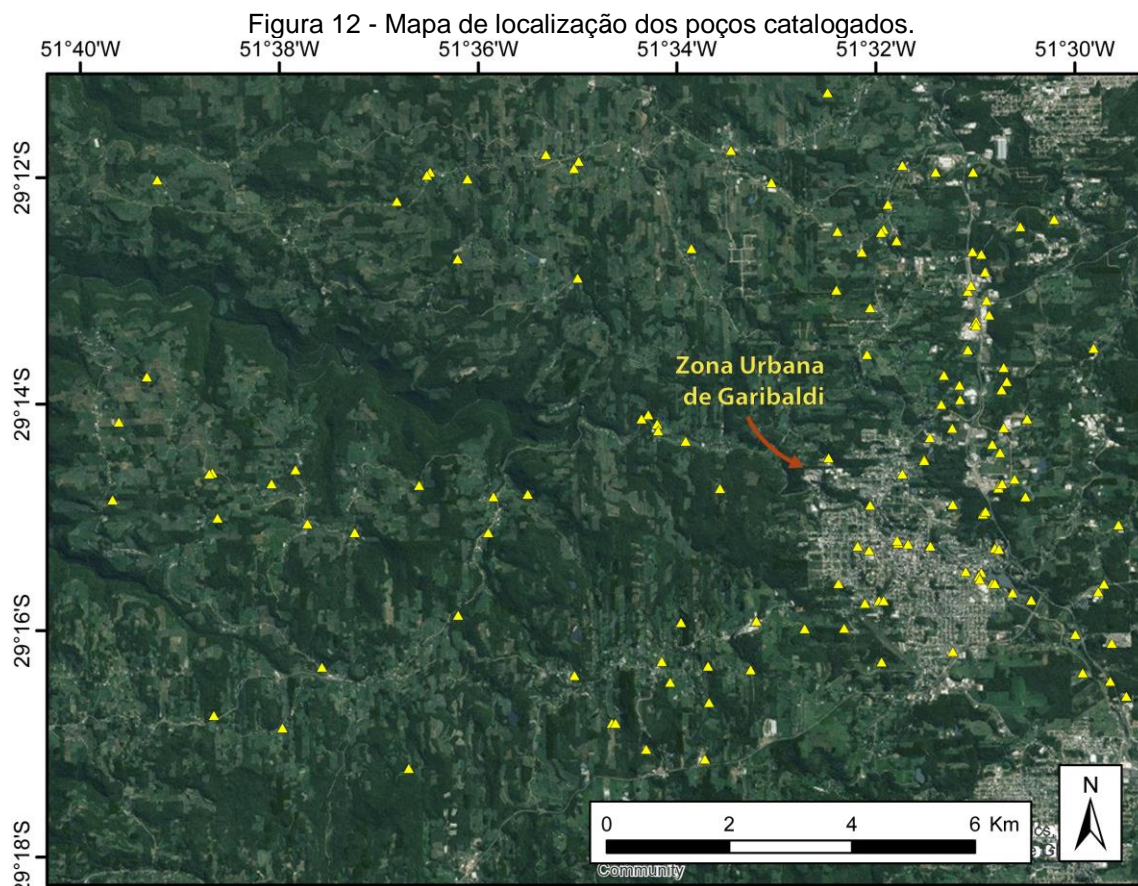
Gráfico 1 - Porcentagem de lineamentos dentro de um intervalo de comprimento.



Fonte: Autoria própria.

## 4.2 Captação de Água Subterrânea no Município de Garibaldi

Através da pesquisa por dados de poços de captação instalados na região do município de Garibaldi a partir da plataforma SIAGAS, do banco de dados do PAP/SDO, de arquivos da superintendência de recursos hídricos da CORSAN e de fichas de outorga de empresas privadas de perfuração, foram catalogados no total 162 poços, os quais são em sua totalidade do tipo tubular, largamente utilizado para captação de água em aquíferos fraturados (Figura 12).



A distribuição geral da situação dos poços cadastrados na região está discriminada na tabela 3. Analisando os dados apresentados nessa tabela observa-se que: 27% dos poços não apresentam informação quanto a situação operacional; dos poços que há tal informação, 84,87% estão em pleno funcionamento, 12,61% estão parados, abandonados ou entulhados, e 2,52% estão como não-instalados (sem bomba de captação instalada no poço).

Tabela 3 - Situação atual dos poços identificados na região.

<b>Categoria</b>	<b>% (Poços)</b>
Bombeando	61,96% (101)
Parado	9,20% (15)
Não-Instalado	1,84% (3)
Sem informação	26,99% (44)
<b>Total</b>	<b>100% (163)</b>

Fonte: Autoria própria.

Durante o trabalho de campo realizado no município, foram visitados alguns poços de captação da CORSAN para avaliação da situação. Também foram

encontrados poços que posteriormente foram identificados como já catalogados no banco de dados através de sua localização. Os poços visitados da CORSAN estavam todos localizados em área cercada, com registro e instalação devida conforme norma NBR 12244 da ABNT (2006) (Fotografia 11). Já os poços pertencentes a prefeitura e/ou particulares apresentavam outras características e padrões. Nesse caso, o poço IT429, localizado no distrito de Marcorama, também havia sido instalado de forma correta, porém apresentava vazamento no registro com grande vazão de água. O poço IT444 não se encontra nos padrões estabelecidos: não possui registro, não está cercado ou possui laje de proteção (Fotografia 12). Está a menos de 100 m de outro poço não catalogado que se encontra desativado, possivelmente entulhado.

Fotografia 11 - Poço da CORSAN devidamente instalado e em bom estado.



Fonte: Autoria própria.

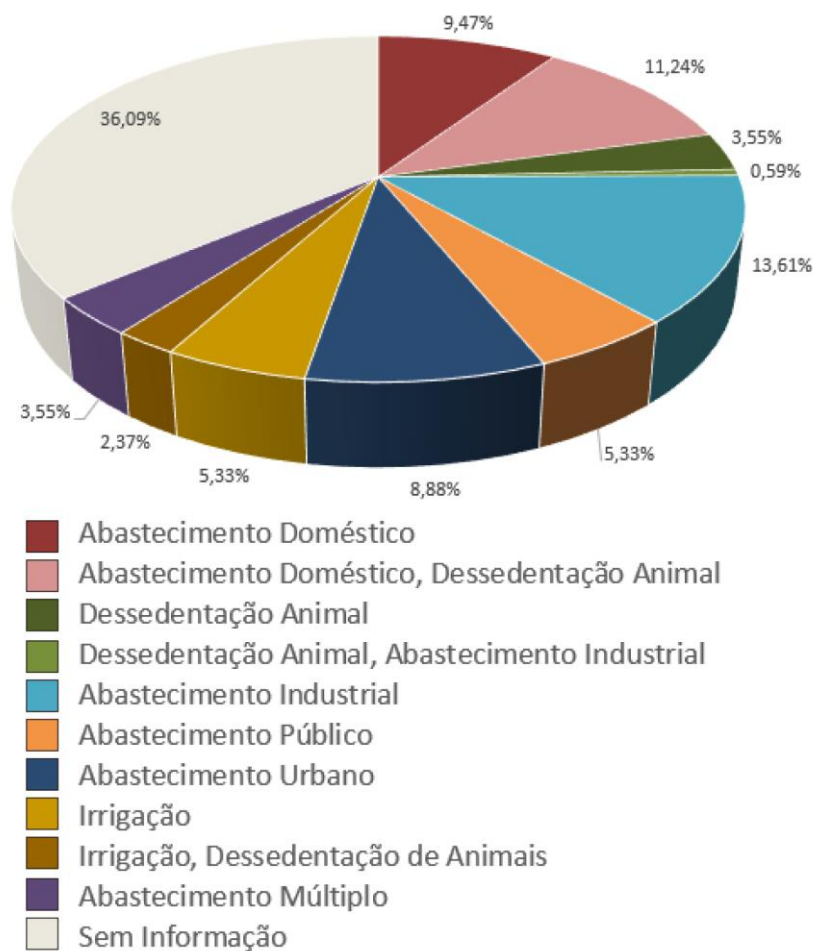
Fotografia 12 - Poço IT444 em funcionamento, porém instalado de forma incorreta.



Fonte: Autoria própria.

Quanto ao tipo de uso da água captada através dos poços, 36,09% dos poços não contém essa informação em suas fontes de dados originais. Do restante, 21,3% é utilizado para abastecimento industrial, 13,89% para abastecimento urbano e 8,33% para abastecimento público fora da área urbana. 17,59% dos poços são utilizados para abastecimento doméstico e dessedentação de animais na zona rural. 14,8% são utilizados apenas para consumo doméstico em zona rural, 8,33% unicamente para irrigação e 3,7% para irrigação juntamente com dessedentação animal. O gráfico 2 mostra a distribuição da informação sobre o uso dos poços catalogados.

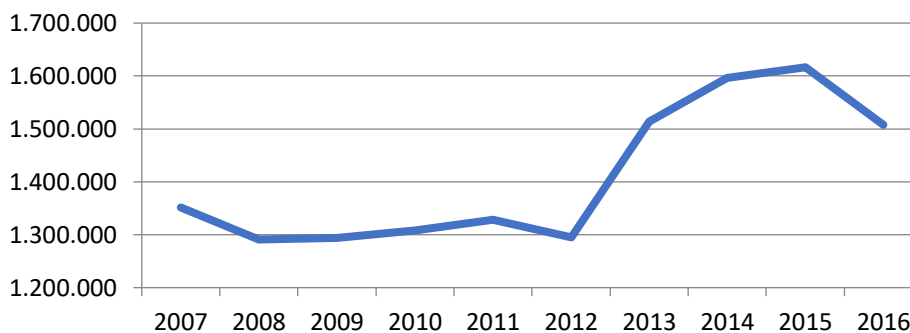
Gráfico 2 – Porcentagem entre os usos da água captada pelos poços.



Fonte: Autoria própria.

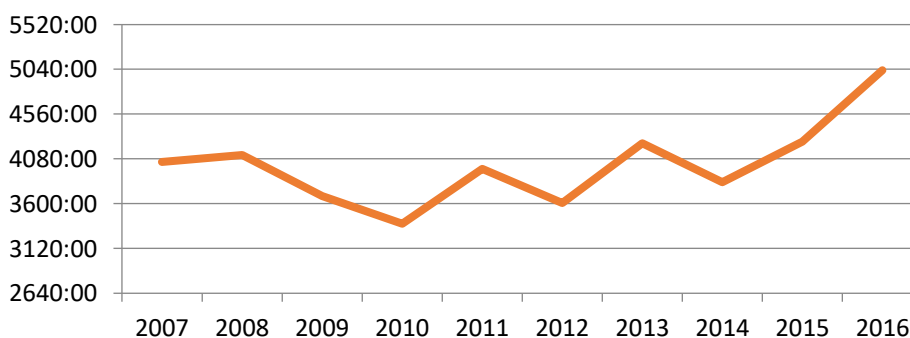
Através do Resumo Diagnóstico Operacional organizado pela Diretoria de Operações da CORSAN, foi possível analisar cronologicamente de forma abrangente alguns dados de produção dos poços como um todo que abastecem a área urbana de Garibaldi, onde é feito o abastecimento pela companhia. De 2007 a 2016, o volume produzido pelos poços, a vazão média dos poços e as horas trabalhadas pelos poços sofreram oscilações, porém no geral o volume produzido (Gráfico 3) e as horas trabalhadas (Gráfico 4) aumentaram, enquanto que a vazão média diminuiu (Gráfico 5).

Gráfico 3 - Volume produzido dos poços (m³).



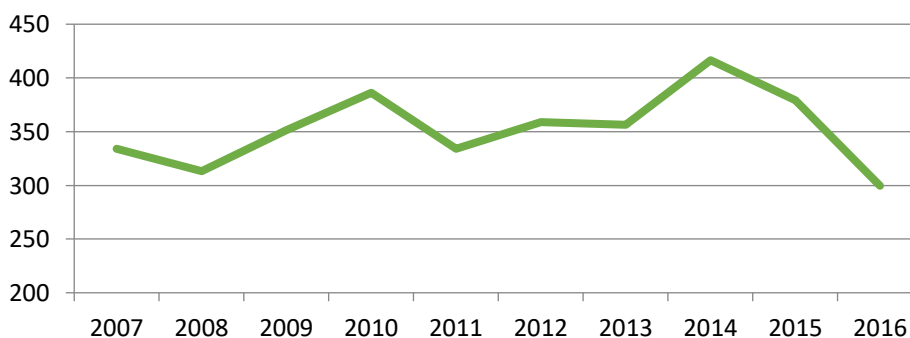
Fonte: Elaborado a partir de Resumo Diagnóstico Operacional (CORSAN, 2016).

Gráfico 4 - Horas Trabalhadas por poços (horas:minutos).



Fonte: Elaborado a partir de Resumo Diagnóstico Operacional (CORSAN, 2016).

Gráfico 5 - Vazão média dos poços (m³/h).

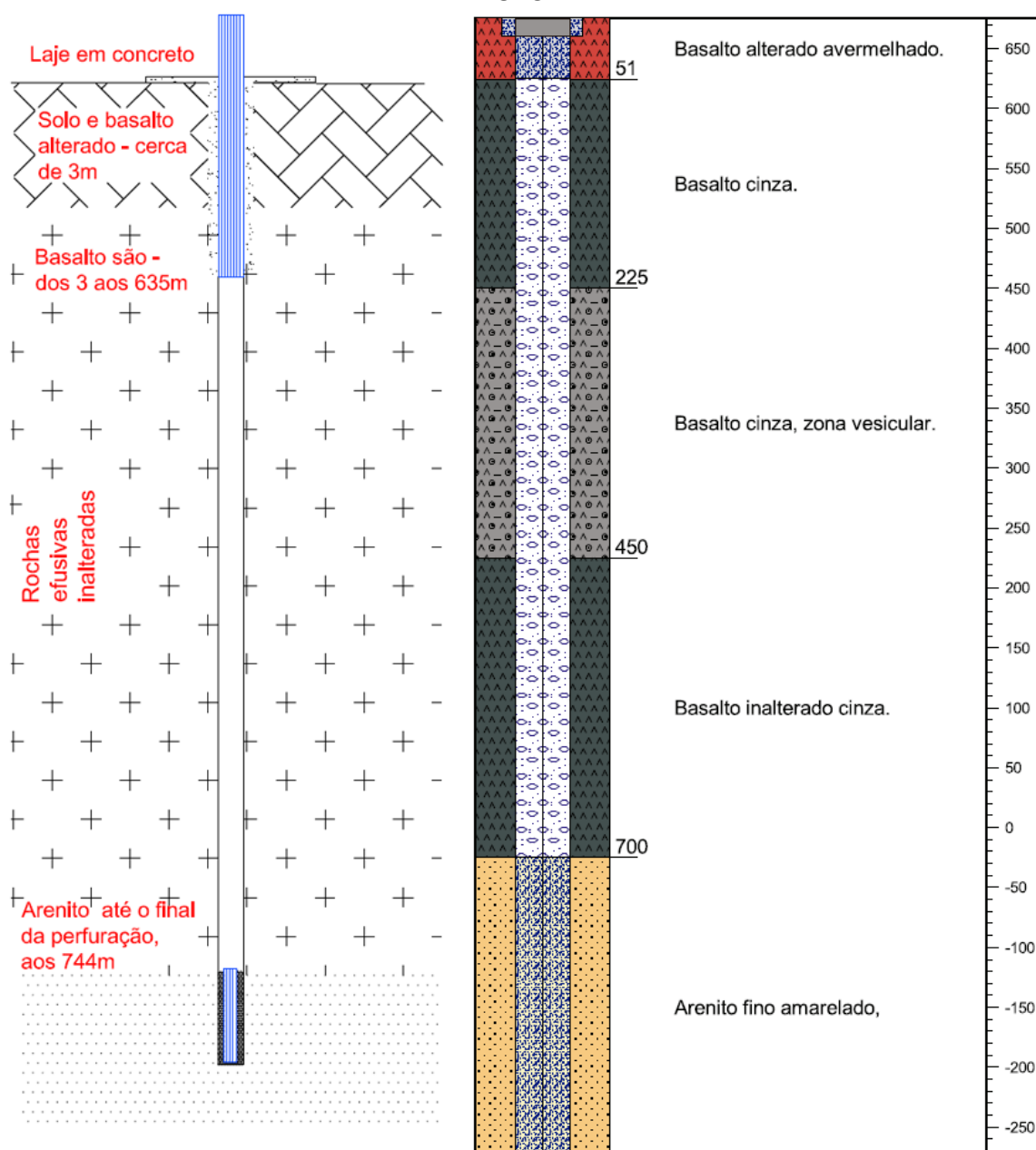


Fonte: Elaborado a partir de Resumo Diagnóstico Operacional (CORSAN, 2016).

Dos poços catalogados, apenas um no município de Garibaldi alcança o limite do SASG (Sistema Aquífero Serra Geral) e perfura o SAG (Sistema Aquífero Guarani). O poço, de propriedade da Metalúrgica Tramontina, alcança uma profundidade de 744 m, alcançando o SAG aos 635 m, em uma cota de altitude de -15 m. A aprox. 6,7 km sudeste deste poço, um outro localizado no município de Carlos Barbosa também alcança o SAG (Figura 13). De propriedade da Cooperativa Santa Clara, possui

profundidade de 950 m, encontrando o SAG aos 700 m, em uma cota de -25 m. Considerando estes dados, é possível inferir que o SAG, na região de Garibaldi, deve estar situado em altitudes entre -15 e -25 metros. Deve-se salientar que essa informação é baseada em dois poços, sendo que essa altitude pode variar, dependendo do grau de compartimentação do aquífero na região. No entanto, é um dado importante que serve para demonstrar a ocorrência dos limites entre as formações Serra Geral e Botucatu, bem como entre os sistemas aquíferos.

Figura 13 – Perfis dos poços de Garibaldi (direita) e Carlos Barbosa (esquerda) que encontram o SAG.



Fonte: Solicitação de Outorga/Tramontina Garibaldi S/A (não publicado) e Requerimento de tamponamento de poço/Hidropel Hidrogeologia e Perfurações Ltda (não publicado).

### 4.3 Caracterização Hidrogeológica e Hidrodinâmica

O SASG é formado por aquíferos fraturados associados às estruturas encontradas nas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. A circulação de água no sistema é, portanto, condicionada pelas estruturas de resfriamento das rochas (diaclasses, zonas amigdaloides e vesiculares e contatos entre derrames) e pelas estruturas tectônicas (fraturas e zonas de faturamento) que não se encontram fechadas por preenchimento ou tectonismo. Porém, no manto de alteração existente sobre as rochas, pode ocorrer a formação de um aquífero granular livre (freático), em locais que apresentam solos com permeabilidade, espessura e porosidade adequados.

Através dos dados cadastrados de 162 poços tubulares abastecidos pelo SASG, foi possível a realização da caracterização hidrodinâmica e hidrogeológica do sistema aquífero na região do município de Garibaldi. Nem todos os dados para estes poços estavam disponíveis, variando a quantidade de informação obtida de poço para poço. Uma relação e estatística dos dados obtidos é apresentada na tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição e estatística dos dados catalogados para cada parâmetro dos poços do SASG.

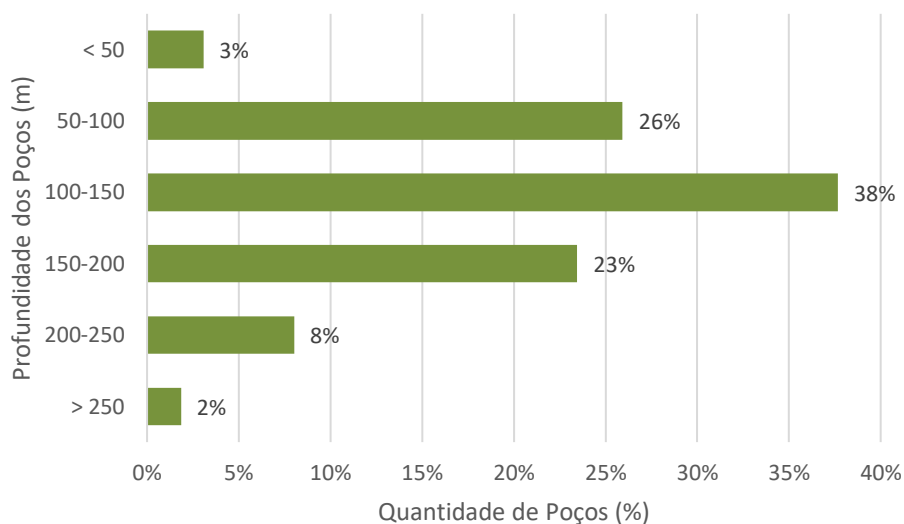
	<b>Profundidade dos poços (m)</b>	<b>NE (m)</b>	<b>q (m<sup>3</sup>/h/m)</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Profundidade das EA</b>
Mediana	116	10,9	0,45	7,55	48
Valor médio	125,35	19,9	0,920	13,956	58,65
Valor máx.	270	125	8,718	85,714	170
Valor mín.	14	0,2	0,006	0,6	0,8
Desvio Padrão	46,83	23,78	1,395	16,410	43,536
Nº de dados	162	121	87	140	76

Fonte: Autoria própria.

Todos os poços catalogados possuem informação quanto suas profundidades. O poço de menor profundidade possui 14 m, enquanto que o de maior profundidade possui 270 m. Em média a profundidade dos poços é de 125,35 m, com um desvio padrão de 46,83 m. A mediana é de 116 m. Conforme indicado no gráfico 6, a maioria dos poços possuem profundidade entre 100 e 150 m, constituindo 38% do total de poços catalogados. 26% dos poços possuem entre 50 e 100 m de profundidade e 23% estão entre 150 e 200 m de profundidade. Apenas 3% dos poços possuem uma profundidade menor que 50 m.



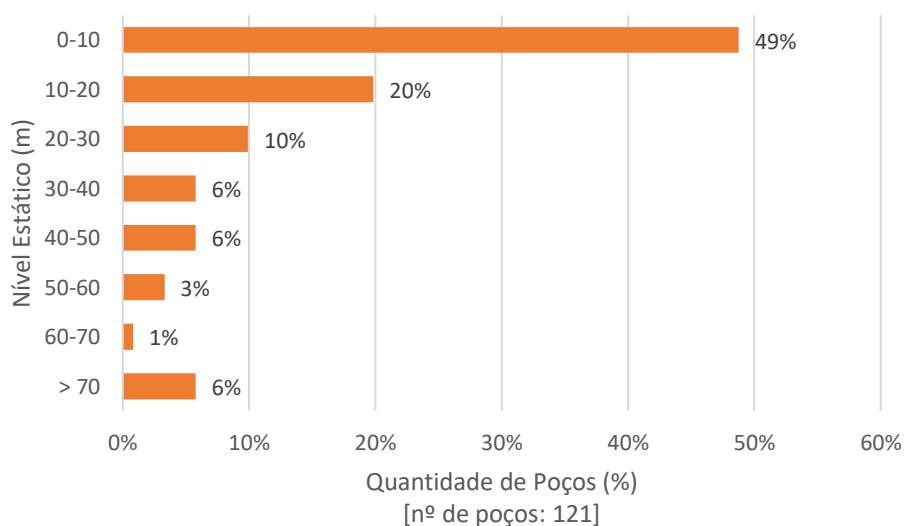
Gráfico 6 – Porcentagem de poços apresentando profundidade em determinado intervalo.



Fonte: Autoria própria.

Quanto ao nível estático, foram obtidos dados de 121 poços. A média se encontra nos 19,9 m, com o nível estático mais profundo se encontrando em 125 m, e o mais raso com apenas 0,2 m. O desvio padrão é de 23,78 m, e a mediana obtida dos poços é de 10,9 m. A maioria dos poços apresenta o nível estático entre os 10 primeiros metros, constituindo 49% do total catalogado. 20% dos poços indicam valores entre 10 e 20 m, e 10% entre 20 e 30 m. Outros 6% possuem nível estático mais profundo que 70 m. O gráfico 7 aponta a distribuição geral do nível estático entre os poços catalogados.

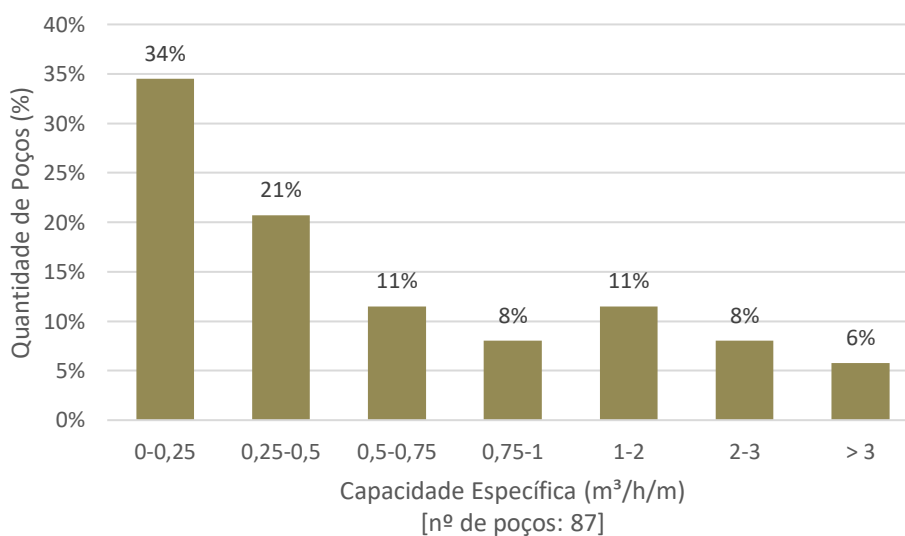
Gráfico 7 - Porcentagem de poços catalogados distribuídos entre intervalos de nível estático.



Fonte: Autoria própria.

A capacidade específica dos poços apresenta uma média de 0,920 m<sup>3</sup>/h/m, com um valor máximo cadastrado de 8,718 m<sup>3</sup>/h/m e uma mínima de 0,006 m<sup>3</sup>/h/m. O desvio padrão calculado é de 1,395 m<sup>3</sup>/h/m, e a mediana obtida foi de 0,45 m<sup>3</sup>/h/m. Os valores de capacidade específica coletados para os poços são todos oriundos de ensaios hidrodinâmicos com duração de 24 horas. No gráfico 8 é possível analisar que a maioria dos 87 poços que possuem tal informação apresenta uma capacidade específica consideravelmente baixa, com 34% do total dos poços com um valor abaixo de 0,25 m<sup>3</sup>/h/m. 21% dos poços têm capacidade específica entre 0,25 e 0,5 m<sup>3</sup>/h/m, 11% entre 0,5 e 0,75 m e 8% entre 0,75 e 1 m<sup>3</sup>/h/m, totalizando 74% dos poços com valores abaixo de 1 m<sup>3</sup>/h/m. Estes dados, portanto, estão de acordo com o que foi descrito para o SASG II em Machado & Freitas, 2005, onde é dito que a capacidade específica é normalmente inferior a 0,5 m<sup>3</sup>/h/m.

Gráfico 8 - Relação entre quantidade de poços com intervalos de capacidade específica.

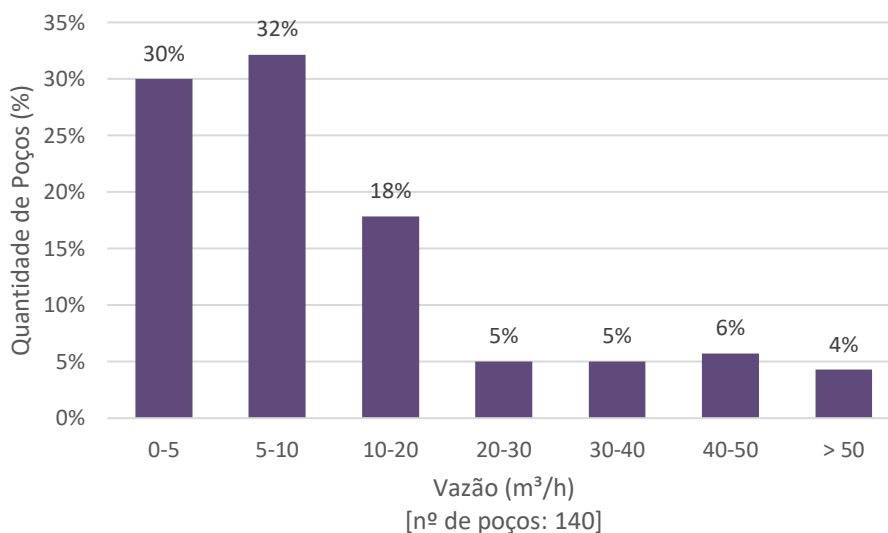


Fonte: Autoria própria.

Quanto à vazão, foram obtidos dados de 140 poços. A vazão máxima obtida foi de 85,714 m<sup>3</sup>/h, enquanto que a mínima foi de 0,6 m<sup>3</sup>/h e um desvio padrão de 16,41 m<sup>3</sup>/h, indicando uma grande variação na vazão entre os poços alocados no município. A média se encontra em 13,956 m<sup>3</sup>/h, e a mediana é de 7,55 m<sup>3</sup>/h. Mais da metade dos poços (62%) apresentam valores de até 10 m<sup>3</sup>/h, sendo 30% menor que 5 m<sup>3</sup>/h e 32% entre 5 e 10 m<sup>3</sup>/h. 18% dos poços estão com valores entre 10 e 20 m<sup>3</sup>/h, enquanto que poços com vazões maiores que 20 m<sup>3</sup>/h totalizam 20% dos poços. Uma

representação mais detalhada da distribuição dos poços em relação às suas vazões é feita no Gráfico 9.

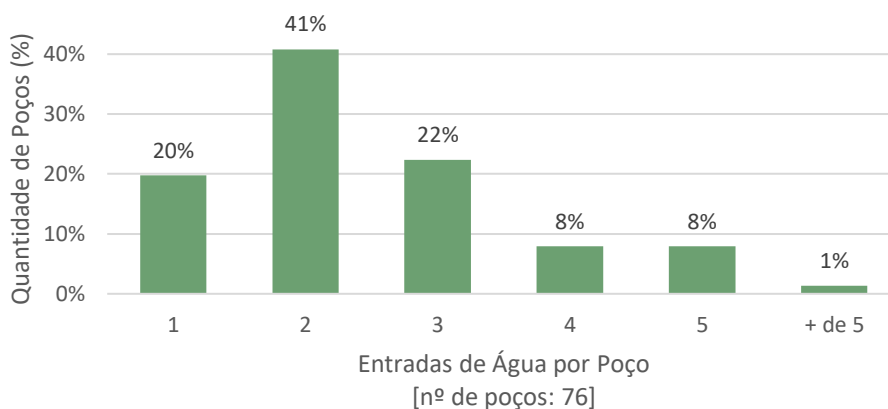
Gráfico 9 - Distribuição dos poços catalogados em relação às suas vazões.



Fonte: Autoria própria.

Com relação às entradas de água, foram obtidas informações de 76 poços. A maioria dos poços possui duas entradas de água (41%), enquanto que 20% do total possuem apenas uma. Ainda 22% dos poços possuem três entradas de água, e 17% apresentam quatro ou mais. O máximo de entradas de água em um poço cadastrado é de sete entradas. Estes dados estão detalhados no gráfico 10.

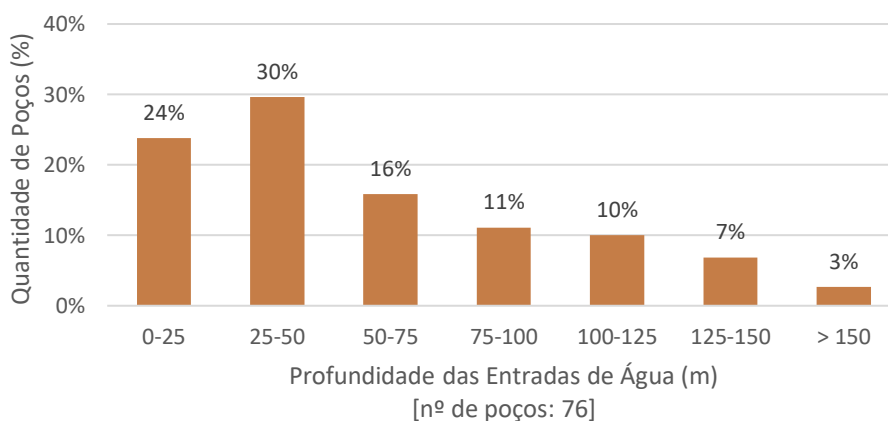
Gráfico 10 - Quantidade de entradas de água por poço e sua distribuição.



Fonte: Autoria própria.

Quanto à profundidade das entradas de água catalogadas a partir dos poços, foi observado uma média de 58,65 m, sendo a profundidade máxima de 170 m e a mínima de apenas 0,8 m. O desvio padrão fica em 43,536 m, e a mediana é de 48 m. A maioria das entradas de água situam-se em uma profundidade entre 25 e 50 m, totalizando 30%. 24% situam-se entre os primeiros 25 m de poço, e 16% estão na faixa de 50 a 75 m de profundidade. Apenas 3% das entradas de água catalogadas situam-se a profundidades maiores que 150 m, o que fica de acordo com a observação feita por Cavalcante (1991) onde foi constatado que na maioria das situações as entradas de água ocorrem até 154 m de profundidade. Os detalhes quanto às profundidades das entradas de água são apresentados no gráfico 11.

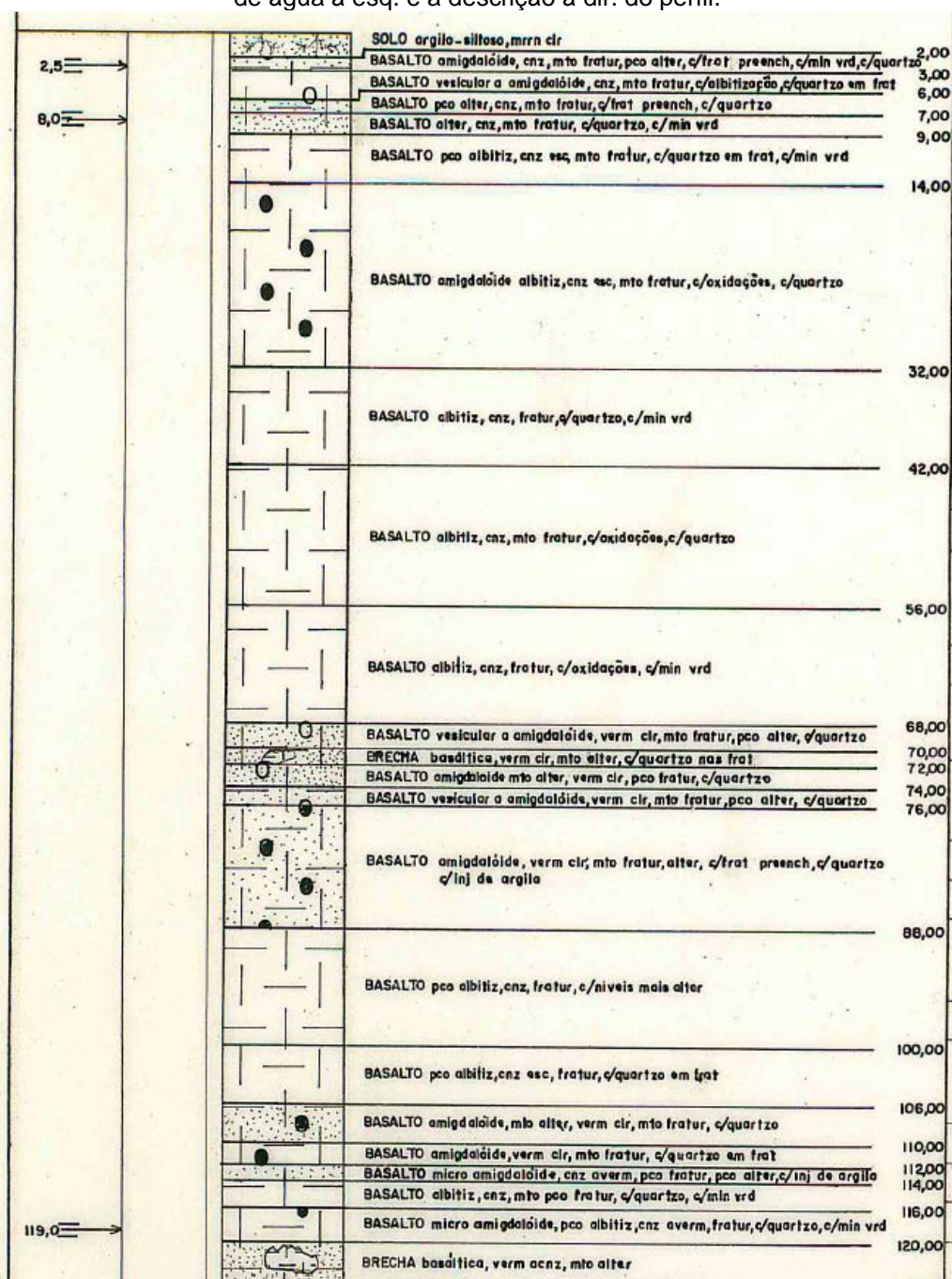
Gráfico 11 - Relação entre poços e a profundidade de suas entradas de água.



Fonte: Autoria própria.

Através da descrição litológica de alguns perfis de poços mais detalhados como no exemplo da figura 14 (associada ao poço NG 0867 da CORSAN), é possível observar que as entradas de água ocorrem normalmente em intervalos de profundidade onde se é descrito rochas altamente fraturadas, ou com a presença de vesículas e amígdalas em abundância, ou com alteração, podendo ocorrer mais de uma dessas características simultaneamente no local, favorecendo ainda mais a presença de entradas de água. Também muito frequente são as entradas de água associadas a contatos entre camadas e derrames, além de zonas de brecha. Com frequência consideravelmente menor são observadas entradas de água em zonas pouco fraturadas, não contendo ou contendo com menor intensidade algumas das características citadas anteriormente, como alteração.

Figura 14 - Perfil litológico do poço NG 0867 da CORSAN situado em Garibaldi indicando as entradas de água à esq. e a descrição à dir. do perfil.

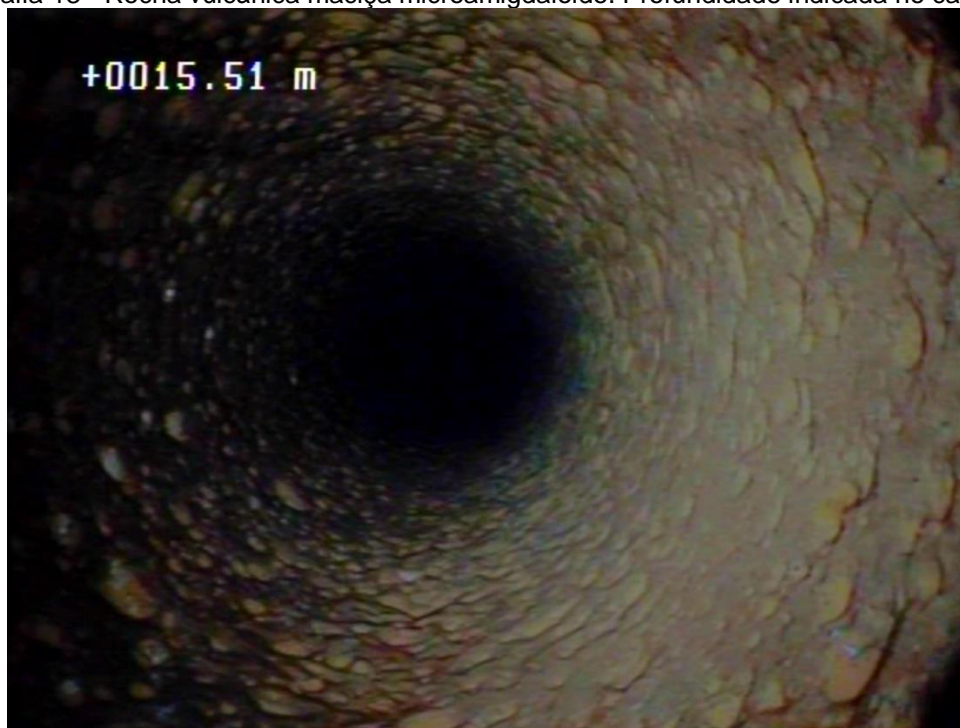


Fonte: CORSAN (não publicado).

Com a perfilagem óptica realizada através da filmagem de poço tubular na Linha 40 do distrito de Leopoldina com a utilização de câmera de inspeção de poços Rcam-1000 XLT, foram observadas estruturas na rocha associadas às entradas de água e suas profundidades. Percorrendo verticalmente o poço, a partir do término do revestimento, é observado uma rocha vulcânica com alta densidade de amígdalas, até aprox. 19 m de profundidade (fotografia 13). A partir de então as amígdalas

tornam-se progressivamente maiores, com a presença de vesículas. Em aprox. 21 m, algumas fraturas começam a surgir, aumentando a frequência conforme a profundidade (fotografia 14). A partir de aprox. 23 m, uma zona altamente brechada surge, marcando uma mudança brusca na litologia (fotografia 15). A filmagem vai até aprox. 24 m, onde ainda é visto o mesmo tipo de camada brechada. Por consequência do estreitamento do diâmetro do poço, não foi possível uma perfilagem completa até o fundo que, de acordo com informação do proprietário, situa-se a 220 m de profundidade. As feições observadas na perfilagem correspondem com as vistas em alguns afloramentos na região, porém não haviam afloramentos próximos ao local do poço para uma comparação mais direta. Uma perfilagem feita em um segundo poço no município foi descartada, devido à descoberta em seus primeiros metros de descida de que o mesmo se encontrava atulhado.

Fotografia 13 - Rocha vulcânica maciça microamigdalóide. Profundidade indicada no canto esq.



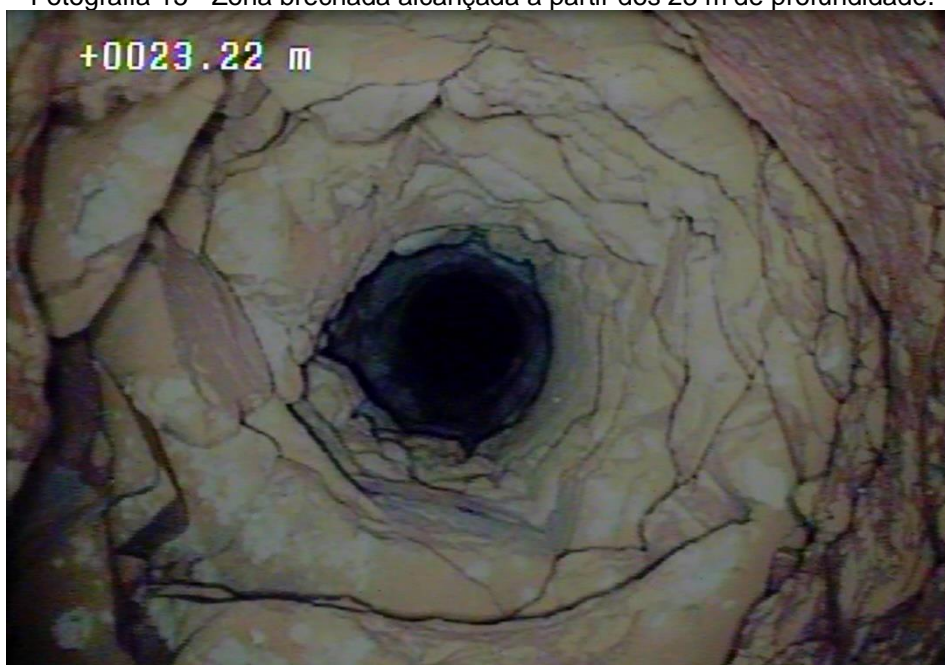
Fonte: Autoria própria.

Fotografia 14 - Fraturas ocorrendo a partir dos 21 m de profundidade.



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 15 - Zona brechada alcançada a partir dos 23 m de profundidade.



Fonte: Autoria própria.

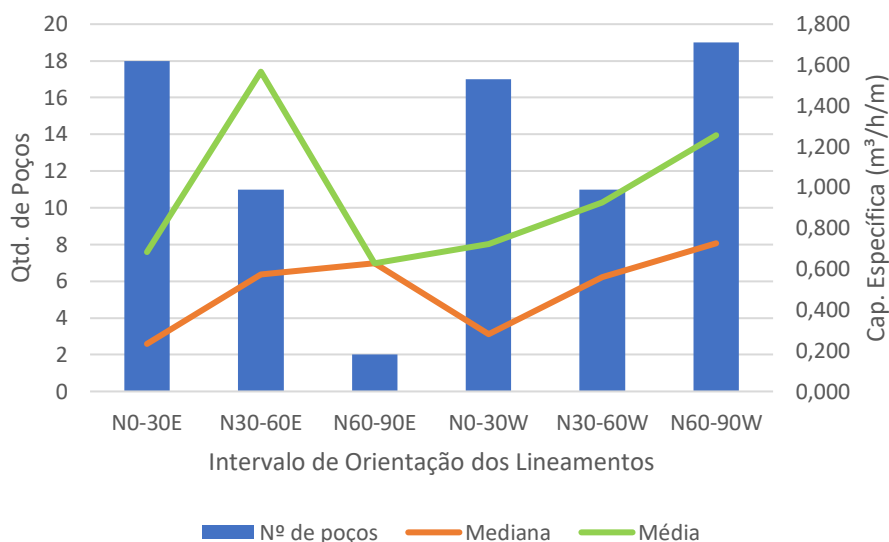
A partir dos dados obtidos previamente neste trabalho, uma avaliação da correlação entre os lineamentos encontrados no município e a capacidade específica registrada nos poços associados foi feita, considerando uma distância de até 400 m entre poço e lineamento para definir a associação entre ambos. Poços que não se encontravam nessa proximidade em relação a nenhum lineamento e poços que se

encontravam equidistantes a mais de um lineamento não foram considerados como associados a um lineamento em específico. Uma correlação com a vazão dos poços e seus lineamentos também foi feita para fins comparativos, porém os dados de capacidade específica foram considerados mais relevantes devido aos dados de vazão serem normalmente valores de projeto de poço pré-estabelecidos.

Das estruturas com orientação a NW, as que se situam no intervalo N60-90W são as que apresentaram uma maior mediana de capacidade específica (0,726 m<sup>3</sup>/h/m), seguidas das situadas no intervalo N30-60W, com mediana de 0,560 m<sup>3</sup>/h/m. Dentre as estruturas à NE, as de maior mediana são as situadas no intervalo N60-90E, com valor de 0,628 m<sup>3</sup>/h/m, seguidas das que estão entre N30-60E, com mediana de 0,573 m<sup>3</sup>/h/m. Em relação as médias, os valores seguem padrões semelhantes dentre os intervalos de orientações, com exceção do intervalo N30-60E, onde a média apresenta um valor consideravelmente mais elevado que a mediana, alcançando 1,567 m<sup>3</sup>/h/m, e do intervalo N60-90E, onde a média e a mediana apresentam o mesmo valor, devido ao fato de que apenas dois poços associados a esse intervalo apresentam dados de capacidade específica. Comparativamente, dentre os lineamentos de sentido NW, os de maior mediana de vazão são os localizados no intervalo N30-60W (11,55 m<sup>3</sup>/h), seguidos então pelos localizados entre N60-90W (8,8 m<sup>3</sup>/h). Dentre os de sentido NE, a mediana da vazão comporta-se de forma similar à mediana da capacidade específica, com os lineamentos no intervalo N60-90E apresentando uma mediana de 10,5 m<sup>3</sup>/h e aqueles entre N30-60E com mediana de 9,8 m<sup>3</sup>/h. As médias de vazão seguem o mesmo padrão das medianas, apenas com o valor de média do intervalo N30-60E alcançando um valor (de 22,3 m<sup>3</sup>/h) muito maior que a mediana. A correlação entre as orientações dos lineamentos e os valores de capacidade específica é apresentada em detalhes no gráfico 12 e tabela 5, e entre os valores de vazão no gráfico 13 e tabela 6.



Gráfico 12 – Relação entre a média e a mediana da cap. específica dos poços com os intervalos de orientação dos lineamentos a quem estão associados. O nº de poços associados também é discriminado.



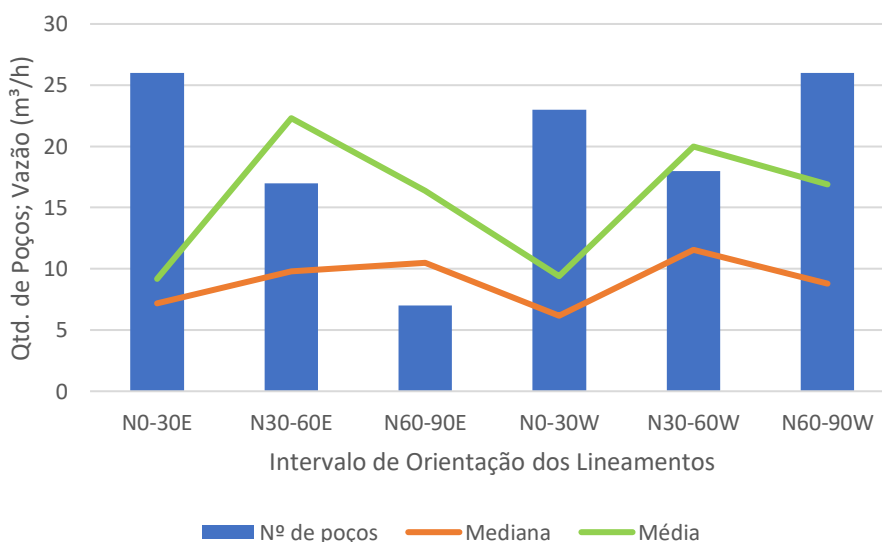
Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 - Informações quanto aos dados de capacidade específica dos poços e sua relação com os intervalos de orientação dos lineamentos associados.

Orientação	N0-30E	N30-60E	N60-90E	N0-30W	N30-60W	N60-90W
<b>Nº de poços</b>	18	11	2	17	11	19
<b>Mediana de q</b>	0,233	0,573	0,628	0,281	0,560	0,726
<b>Média de q</b>	0,684	1,567	0,628	0,721	0,927	1,256
<b>q máxima</b>	5,077	5,411	0,908	2,510	2,820	8,718
<b>q mínima</b>	0,017	0,016	0,348	0,028	0,062	0,006
<b>Desv. Padrão</b>	1,240	2,001	0,396	0,783	0,943	1,968

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 13 - Relação entre a média e a mediana da vazão dos poços com os intervalos de orientação dos lineamentos a quem estão associados. O nº de poços associados também é discriminado.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 6 - Informações quanto aos dados de vazão dos poços e sua relação com os intervalos de orientação dos lineamentos associados.

Orientação	N0-30E	N30-60E	N60-90E	N0-30W	N30-60W	N60-90W
<b>Nº de poços</b>	26	17	7	23	18	26
<b>Mediana da vazão</b>	7,20	9,80	10,50	6,17	11,55	8,80
<b>Média da vazão</b>	9,18	22,30	16,37	9,41	20,01	16,88
<b>Vazão máxima</b>	45,00	85,71	47,70	55,00	85,00	61,20
<b>Vazão mínima</b>	1,20	2,20	3,70	0,77	1,56	0,60
<b>Desv. Padrão</b>	8,94	24,65	15,25	11,12	22,64	17,39

Fonte: Autoria própria.

Comparando-se os valores obtidos de mediana da capacidade específica e da vazão para cada intervalo de orientação de lineamentos, pode-se encontrar valores semelhantes dentro dos intervalos de orientação N30-90W e N30-90E, entretando se levado em conta a média de ambos os dados, as orientações de melhor produção ficam contidas no intervalo N30-60W, seguido de N30-60E. Porém, conforme apontado por Fernandes (2008), a utilização de medianas em tratamentos estatísticos é muito mais recomendável que o de médias, pois estas são distorcidas por alguns poucos valores elevados, o que também é normalmente sustentado pelos valores de desvio padrão; também é recomendável o uso da capacidade específica em detrimento da vazão, por apresentar maior correlação com a transmissividade. Levando esses fatores em conta, os intervalos de orientação mais produtivos são N60-90E e N60-90W.

#### 4.4 Caracterização Hidroquímica

Através dos dados físico-químicos disponíveis para os poços que foram catalogados no banco de dados, foi realizada uma caracterização hidroquímica do município de Garibaldi. Também foram utilizados dados físico-químicos de pontos de captação que foram adquiridos em campo com a utilização de sonda multiparâmetro. A tabela 7 apresenta dados estatísticos quanto à condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), temperatura e sólidos totais dissolvidos (STD) dos poços.

Tabela 7 - Estatística dos dados físico-químicos dos poços catalogados.

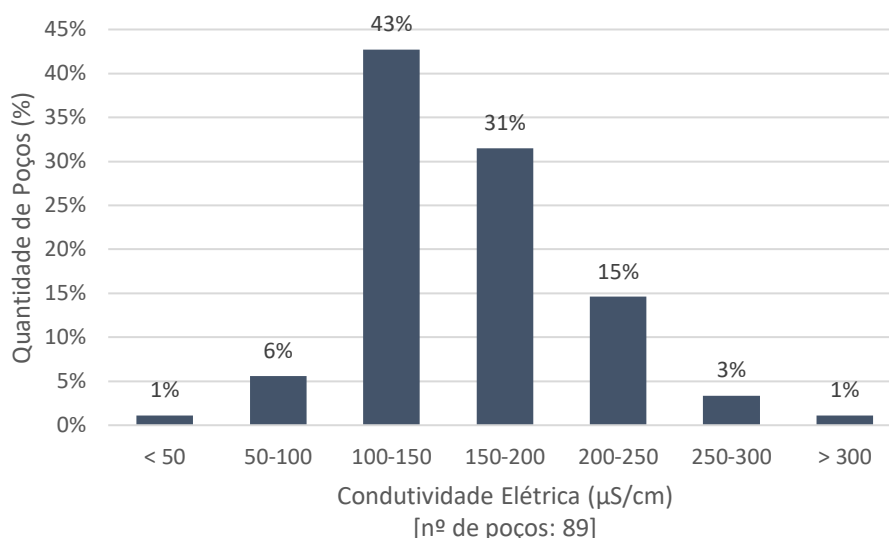
	<b>Condutividade</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura</b>	<b>STD</b>
<b>Nº de poços</b>	89	93	65	86
<b>Média</b>	158,9	7,07	19,3	141
<b>Valor máx.</b>	341	8,9	26,4	241
<b>Valor mín.</b>	42,4	5,68	13	55,8
<b>Desv. Pad.</b>	47,638	0,564	2,026	37,138

Fonte: Autoria própria.

Foram obtidos 89 dados quanto a CE dentre os poços catalogados. A média de condutividade encontrada foi de 158,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , enquanto que o valor máximo é de 341  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e o mínimo de 42,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . O desvio padrão calculado portanto é de 47,638  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A maioria dos poços captam água com condutividade entre 100 e 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , somando 43% do total. Outros 31% dos poços apresentam condutividade entre 150 e 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e 15% situam-se entre 200 e 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A distribuição estatística das águas dos poços conforme sua condutividade é apresentada no gráfico 14.

Os valores de CE encontrados estão dentro das classes de condutividade definidas por Freitas et al. (2016) denominadas C2 (CE entre 221,75 e 378,35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), C3 (CE entre 117,35 e 221,75  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e C4 (CE entre 10,21 e 117,35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). A maior parte dos dados encontra-se inserida na classe C3, a qual apresenta águas com baixo teor de sais dissolvidos, neutras a levemente alcalinas, com predominância de magnésio e cálcio e baixos teores de flúor e sulfatos. Segundo os autores, essas classes são características do SASG, sendo que as variações do CE estão relacionadas com o fluxo e tempo de residência da água.

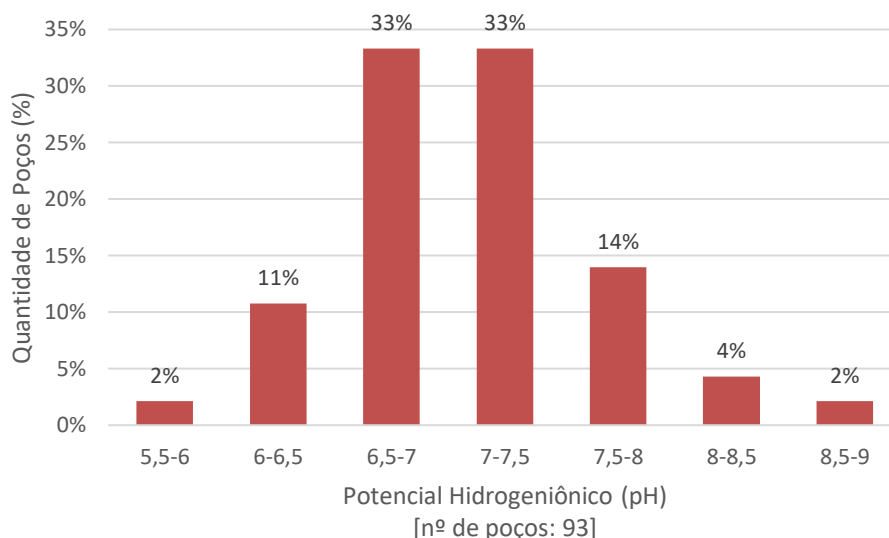
Gráfico 14 - Relação entre os poços catalogados e o intervalo de condutividade em que suas águas se encontram.



Fonte: Autoria própria.

Em relação ao pH, 93 poços possuem informação para esse dado, sendo que a média encontrada é igual a 7,07. O poço de água mais alcalina alcança um pH de 8,9, enquanto que o de água mais ácida alcança 5,68. O desvio padrão calculado é de 0,564. A grande maioria dos poços apresentam águas com pH entre 6,5 e 7,5, somando 66% do total, sendo metade deste valor entre 6,5 e 7 e a outra metade entre 7 e 7,5. Ainda 14% dos poços possuem um pH entre 7,5 e 8 e 11% um pH entre 6 e 6,5. Os valores de pH mais elevados em alguns poços podem ser causados pela existência de entradas de água mais profundas, onde haveria um maior tempo para a circulação de água, ou pela localização das entradas de água serem em camadas abundantes em amígdalas preenchidas por carbonatos. A distribuição das águas dos poços conforme seu potencial hidrogeniônico é apresentada no gráfico 15.

Gráfico 15 - Relação entre os poços catalogados e o intervalo de pH em que suas águas se encontram.

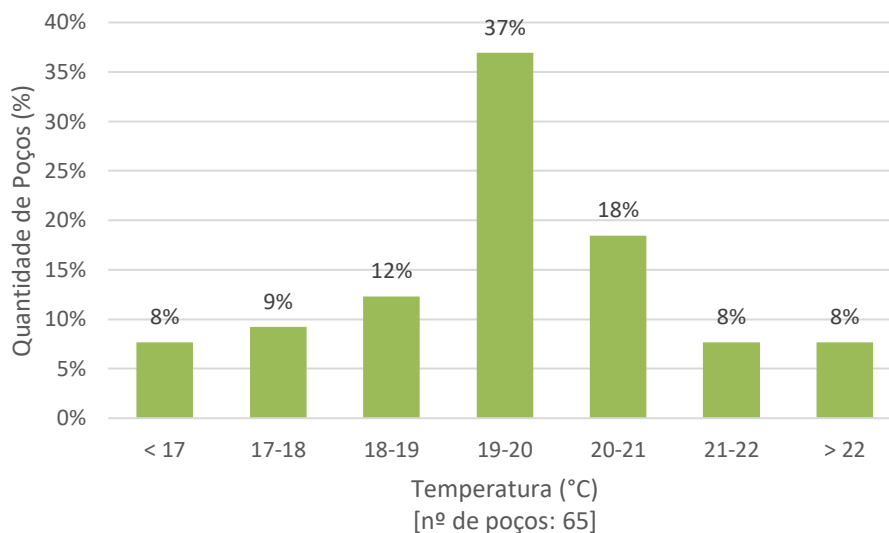


Fonte: Autoria própria.

Quanto à temperatura, 65 poços apresentam informação para este dado. A média de temperatura das águas captadas é de 19,3°C, com uma máxima de 26,4°C e uma mínima de 13°C. O desvio padrão foi calculado em 2,026°C. A maioria das águas coletadas dos poços apresentam temperatura entre 19 e 20°C, somando 37% do total. Outros 18% dos poços apresentam temperatura da água entre 20 e 21°C, e 12% estão situados entre 18 e 19°C. A distribuição das águas dos poços conforme sua temperatura é apresentada no gráfico 16.

De acordo com dados de climate-data.org (2012), a temperatura média anual de Garibaldi situa-se em 17,2°C, com uma variação de 8,9°C durante o ano, alcançando 22,1°C em janeiro e 13,2°C em junho. A princípio, a temperatura da água subterrânea tende a girar em torno da temperatura média anual, sem grandes variações. Portanto, os valores de temperatura muito elevados possivelmente indicam problemas na medição deste parâmetro.

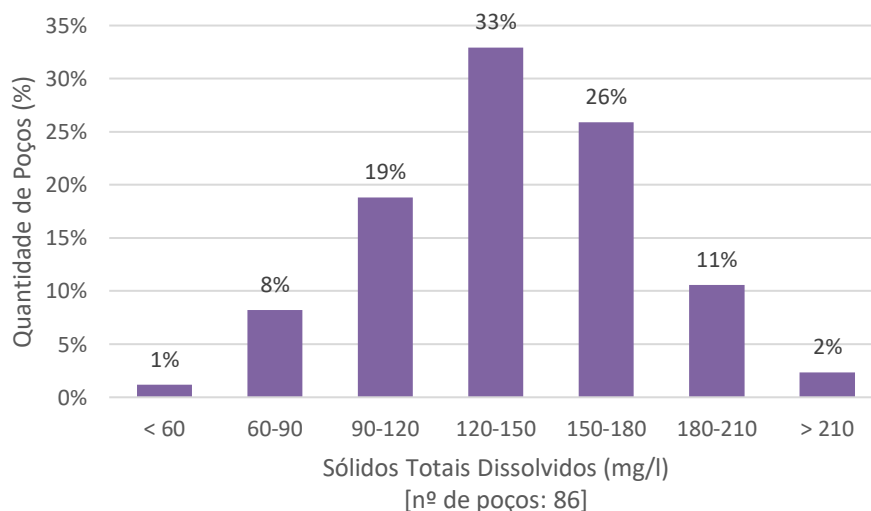
Gráfico 16 - Relação entre os poços catalogados e o intervalo de temperatura em que suas águas se encontram.



Fonte; Autoria própria.

Foram obtidos 86 dados quanto ao teor de sólidos totais dissolvidos (STD) encontrados nas águas dos poços catalogados. A média dentre os poços situa-se em 141 mg/l, com um valor máximo de 241 mg/l e um mínimo de 55,8 mg/l, sendo o desvio padrão igual a 37,138 mg/l. Na análise dos dados dos poços, observou-se que 33% apresentam água com um teor de STD entre 120 e 150 mg/l, 26% entre 150 e 180 mg/l, 19% entre 90 e 120 mg/l e 11% entre 180 e 210 mg/l. Esses resultados indicam a ocorrência de águas doces e a ausência de águas salobras. A distribuição das águas dos poços conforme seu teor de STD está esclarecida no gráfico 17.

Gráfico 17 - Relação entre os poços catalogados e o intervalo de STD em que suas águas se encontram.



Fonte: Autoria própria.

Do total de poços catalogados, 42 destes apresentavam simultaneamente dados para teor de sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cloro (Cl), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ) e sulfatos ( $\text{SO}_4$ ), necessários para o desenvolvimento de diagramas de Piper e de Schoeller-Berkaloff. Na tabela 8 são apresentados dados estatísticos quanto a esses valores em mg/l.

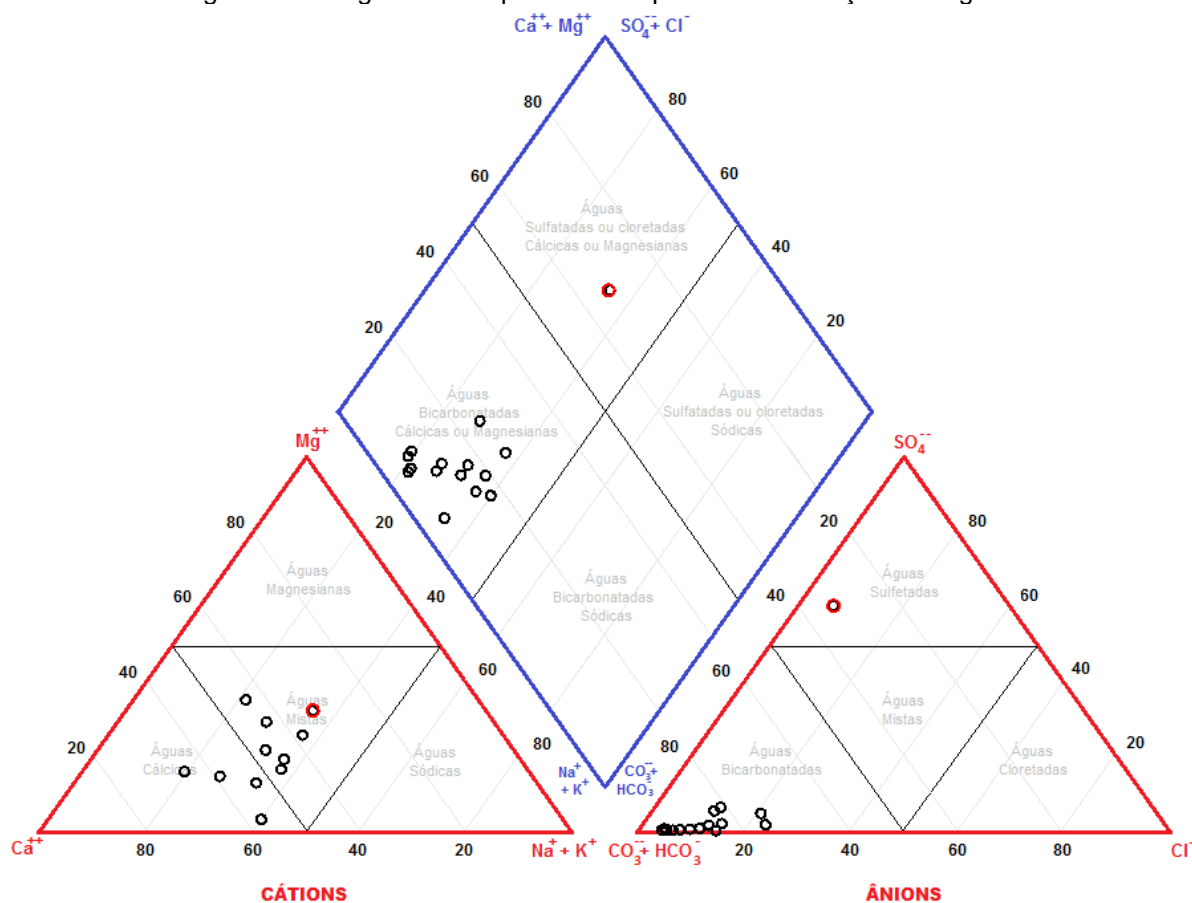
Tabela 8 - Dados estatísticos quanto aos íons dominantes de 42 poços.

	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Cl</b>	<b>HCO<sub>3</sub></b>	<b>SO<sub>4</sub></b>
<b>Média</b>	14,01	8,04	20,28	8,67	12,34	52,27	6,5
<b>Valor máximo</b>	47,5	51,36	62,41	23,79	70,7	126	78,67
<b>Valor mínimo</b>	2,19	0,38	10	1	2,07	10,9	0,1
<b>Desv. padrão</b>	10,45	10,29	9,5	5,15	15,91	29,31	14,94

Fonte: Autoria própria.

Dos 42 poços, apenas 16 amostras atenderam os balanços iônicos feitos pelo *software* Qualigraf baseados no valor de erro prático (Ep) e foram, portanto, utilizados no desenvolvimento dos diagramas de Piper para a classificação das águas e de Schoeller-Berkaloff para avaliação de disparidades composicionais entre as águas.

Figura 15 - Diagrama de Piper utilizado para a classificação das águas.



Fonte: Autoria própria.

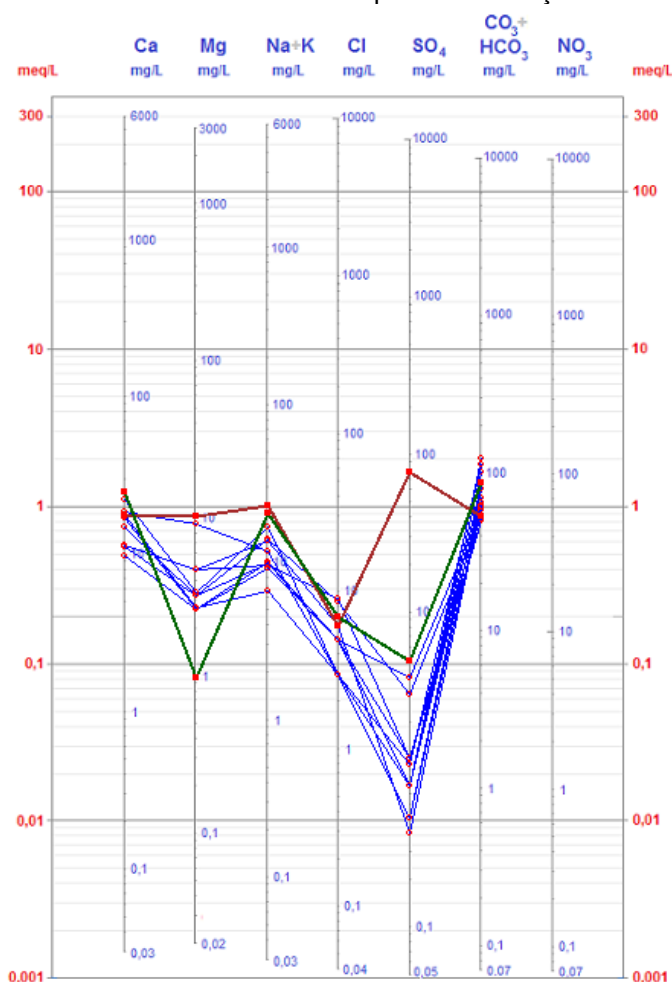
Conforme ilustrado na figura 15, a partir do diagrama de Piper as águas analisadas são classificadas como bicarbonatadas cálcicas ou bicarbonatadas cálcico magnesianas, com exceção de uma amostra destacada em vermelho, a qual é classificada como água sulfatada magnesianas cálcica. As águas classificadas nos grupos das bicarbonatadas cálcicas ou cálcico magnesianas estão relacionadas com a composição mineralógica da Fm. Serra Geral de acordo com o que foi identificado por Athayde et al. (2017) e Bortolin et al. (2016) para a região de Carlos Barbosa. Contudo, a amostra de água sulfatada indica a ocorrência de um tipo de água que não é comum no SASG. A explicação para ocorrência desse tipo de água pode estar relacionada a problemas de amostragem e análise, embora a mesma tenha apresentado erros baixos e aceitáveis no cálculo do balanço iônico. Outras hipóteses para ocorrência desse tipo de água podem estar relacionadas com a ocorrência de problemas de contaminação (gerados por infiltração de águas mais superficiais no poço) ou a mistura de águas entre o SAG e o SASG. No entanto, essa última situação



é mais improvável, pois o poço, de código IT438, tem uma profundidade de 160 metros, uma condutividade elétrica de 187,8 uS/cm e baixos teores de sódio e cloro.

De acordo com o diagrama de Schoeller-Berkaloff na figura 16, as águas seguem uma tendência composicional semelhante, podendo então serem agrupadas em uma mesma família, com exceção da amostra IT438 destacada em vermelho, apresentando valores muito maiores de sulfato, e da amostra 4300022487 destacada em verde, com um teor de magnésio consideravelmente menor que os demais poços.

Figura 16 - Diagrama de Schoeller-Berkaloff utilizado para identificação de tendências entre as águas.



Fonte: Autoria própria.

Para análise da qualidade da água subterrânea, foram avaliadas as concentrações dos parâmetros Ferro (Fe), Manganês (Mn), Fluoreto (F<sup>-</sup>) e Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e comparadas com os valores máximos permitidos (VMP) definidos na Portaria 2.914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). A portaria define os VMPs para fluoreto e nitrato em uma água para consumo como sendo 1,5 mg/l e 10

mg/l, e para o ferro e o manganês como sendo 0,3 mg/l e 0,1 mg/l, respectivamente. Na tabela 9 são apresentados dados estatísticos quanto a esses parâmetros, que possuem representatividade alta entre os poços catalogados.

Tabela 9 - Dados estatísticos e VMP quanto aos valores de ferro, manganês, fluoreto e nitrato dos poços, em mg/l.

	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Fluoretos</b>	<b>NO3</b>
<b>VMP</b>	0,3	0,1	1,5	10
<b>Mediana</b>	0,1	0,03	0,16	0,95
<b>Média</b>	0,360	0,135	0,193	1,241
<b>Valor máximo</b>	4,9	2,75	0,7	5,8
<b>Valor mínimo</b>	0	0	0	0
<b>Desvio Padrão</b>	0,914	0,168	0,168	1,042
<b>Nº de Poços</b>	81	70	83	51

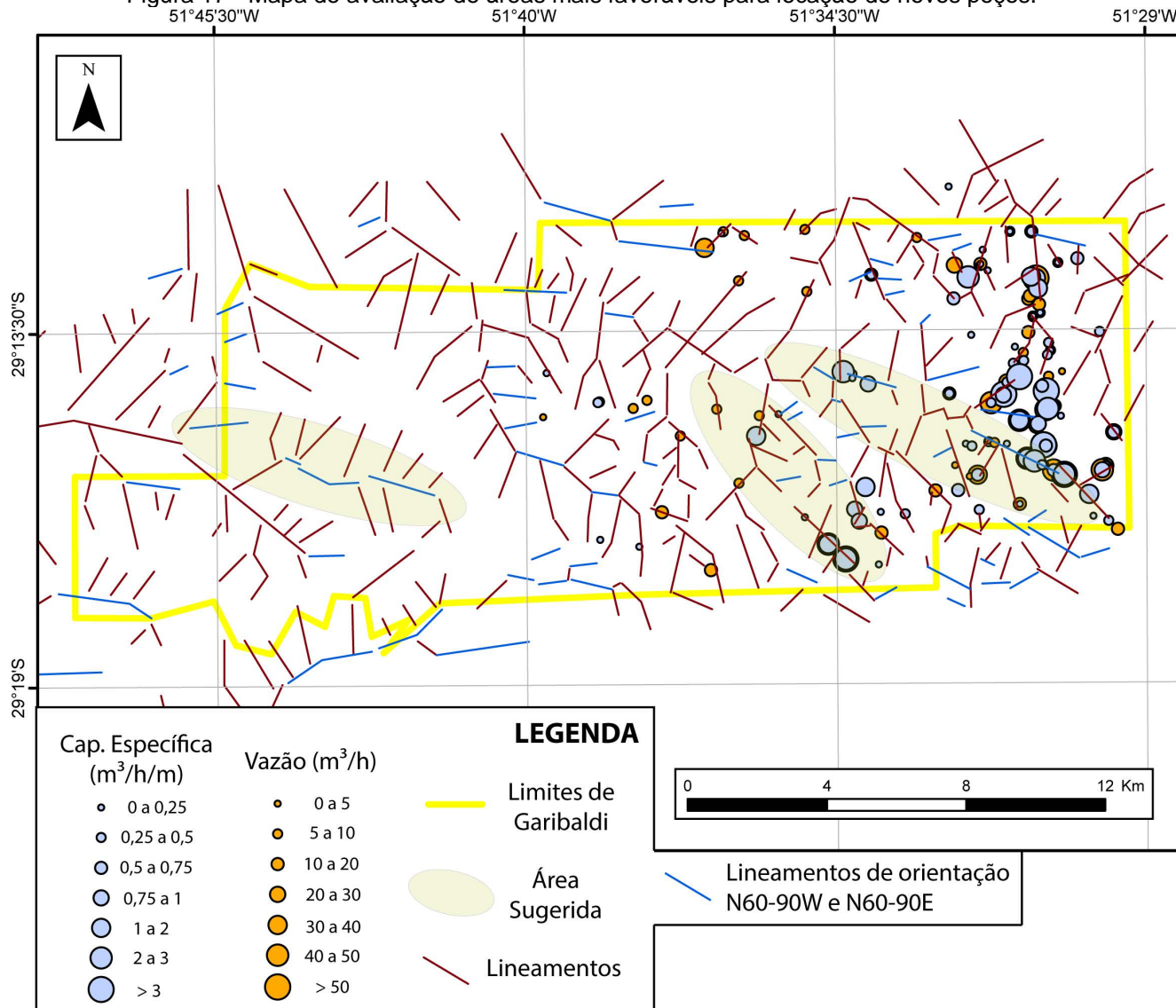
Fonte: Autoria própria.

Dos 81 poços com informação sobre o teor de ferro, apenas nove apresentam valores acima do VMP de 0,3 mg/l. Dos 70 poços com informação sobre o teor de manganês, dez apresentam valores do VMP acima de 0,1 mg/l. Cinco poços apresentam ambos os metais acima do VMP. Nenhum poço apresentou teores acima dos VMPs para fluoretos e nitratos. Portanto, foram detectados quatorze poços (16,87%) de um total de 83 em que a água apresenta problemas de potabilidade de acordo com o Ministério da Saúde. Os valores elevados de ferro e manganês nas águas subterrâneas são comuns em aquíferos do SASG, já que estão associados ao intemperismo de minerais ferro-magnesianos das rochas vulcânicas, conforme descrito por Hausman, 1995.

#### 4.5 Avaliação de Áreas Mais Favoráveis para Locação de Poços

Através dos dados estatísticos de capacidade específica e vazão dos poços catalogados e da associação entre lineamentos de orientação N60-90W e N60-90E com poços de maior produção, foi gerado um mapa com o intuito de avaliar áreas mais favoráveis para a locação de novos poços no município (Figura 17).

Figura 17 - Mapa de avaliação de áreas mais favoráveis para locação de novos poços.



Fonte: Autoria própria.

As áreas sugeridas marcadas por elipses verde claro no mapa foram definidas por serem zonas que já apresentam poços de maior produção mas que ainda não possuem grande densidade de poços, além de apresentarem lineamentos com orientação propícia para uma maior produção. A elipse marcada mais a oeste do mapa foi definida apenas pela existência de lineamentos de orientação N60-90W, já que são inexistentes dados de capacidade específica e vazão neste quadrante do município.

Independentemente das áreas sugeridas no mapa, a locação de novos poços próximos a lineamentos marcados em azul favorece uma melhor produção de água. Secundariamente, podem ser considerados os lineamentos de orientação N30-60W e N30-60E para a alocação dos poços. Conforme observado em perfis construtivos e em trabalho de campo, a preferência por locais onde se encontram contatos entre camadas e derrames de rocha, zonas de brecha, zonas alteradas e amígdalas e vesículas em abundância tende a favorecer uma quantidade maior de entradas de água no poço perfurado. O relevo do local também deve ser levado em conta, já que áreas de menor dissecação do terreno são considerados mais favoráveis em função da recarga por infiltração. A locação de poços tubulares muito próximos de outros associados a um mesmo lineamento não é recomendável devido a possibilidade de interferência entre os cones de depressão gerados durante o bombeamento da água.

## 5 CONCLUSÕES

O município de Garibaldi é abastecido em sua totalidade por água subterrânea oriunda do SASG e captada por poços tubulares. Essa água abastece tanto a área urbana quanto a rural, onde é utilizada principalmente para uso doméstico, dessedentação de animais e irrigação. De 2007 a 2016, o volume de água produzido e as horas trabalhadas pelos poços da CORSAN – companhia que abastece a área urbana de Garibaldi – encontram-se em ascensão, enquanto que a vazão média dos mesmos diminuiu. Esses dados reforçam a necessidade da busca por novas áreas para perfuração de poços, tarefa da qual este trabalho visa contribuir junto ao conhecimento hidrogeológico do SASG na região de Garibaldi.

Quanto à geologia do município, foi constatado a predominância de rochas de composição riodacítica em afloramentos situados a 526 m de altitude ou mais, enquanto que afloramentos em altitudes menores que 526 m apresentam rochas de composição basáltica. Fluxo de água é observado em fraturas de ambas as unidades. As entradas de águas dos poços do município ocorrem normalmente em intervalos das rochas que se encontram altamente fraturadas, ou com grande densidade de amígdalas e vesículas, ou alteradas, além de estarem frequentemente associadas a contatos de camadas ou derrames e zonas de brecha.

Através de trabalho de campo, foi constatado que a maioria das fraturas observadas possuem orientações no quadrante NE, especialmente nos intervalos N80-90E, seguido pelos intervalos N10-20E e N70-80E. No quadrante NW, as orientações predominantes são N60-70W, N80-90W e N0-10W, nesta ordem de frequência. As estruturas de campo que apresentam circulação de água são em sua maioria fraturas horizontais ou sub-horizontais, com mergulho de até 30° e orientação predominante nos intervalos N60-70W.

Através da análise de 162 poços foi constatado que a profundidade média é de 125,35 m, variando entre 14 e 270 m. O nível estático dos poços do município se encontra em média nos 19,9 m, sendo que a maioria (49%) possui NE entre os 10 primeiros metros. A capacidade específica se encontra com uma média de 0,920 m<sup>3</sup>/h/m, com um valor máximo de 8,718 m<sup>3</sup>/h/m e um mínimo de 0,006 m<sup>3</sup>/h/m. Quanto a vazão, apresenta uma média de 13,96 m<sup>3</sup>/h, com a maioria dos poços (32%) mostrando valores entre 5 e 10 m<sup>3</sup>/h. As entradas de água dos poços estão em sua

maioria (30%) a uma profundidade entre 25 e 50 m, sendo a média de encontrada de 58,65 m. Constatou-se que os poços de maior produção encontram-se em sua maioria associados à lineamentos com orientação nos intervalos N60-90E e N60-90W, seguidos dos intervalos N30-60W e N30-60E.

As análises químicas constataram que a CE apresenta uma média de 158,9  $\mu\text{S/cm}$ , com a condutividade da maioria dos poços (41%) situando-se entre 100 e 150  $\mu\text{S/cm}$ . Em média, o pH das águas situa-se a 7,07, e o teor de STD em 141 mg/l, com 33% dos poços indicando teores entre 120 e 150 mg/l. As águas foram classificadas como bicarbonatadas cálcicas ou bicarbonatadas cálcico magnesianas, com exceção de uma amostra; portanto, a classificação da maioria das águas se encontra dentro da normalidade para águas do SASG. A potabilidade da grande maioria das águas se encontra dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde com relação aos níveis de Fe, Mn,  $\text{F}^-$  e  $\text{NO}_3^-$ , com exceção de 14 poços.

Foram definidas áreas sugeridas para perfuração de novos poços na região baseados na orientação dos lineamentos, na produção de poços já instalados nos arredores e na baixa densidade de poços por área. Porém, a perfuração de novos poços associados aos lineamentos definidos como mais produtivos (N60-90E, N60-90W) fora dessas áreas também deve favorecer bons resultados quanto à produção.

Estudos mais aprofundados quanto às estruturas associadas as entradas de água dos poços e a contribuição das mesmas na produção são recomendados para trabalhos futuros, no intuito de expandir o entendimento da hidrogeologia local. Com o crescimento da demanda por água no município, poços captando água do Sistema Aquífero Guarani (SAG) estão cada vez mais frequentes, portanto o estudo desse sistema aquífero na região também é um tema importante a ser detalhado futuramente.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12244: Construção de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 2006.

ATHAYDE, C. V. M. et al. Assinaturas Hidroquímicas dos Derrames Ácidos Localizados em Carlos Barbosa – RS. In: X Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Curitiba, 2017. Disponível em: <<http://ssbg2017anais.siteoficial.ws/ST3/ST305.pdf>>. Acesso em: 7 dez. 2017.

BARTON, C. A.; ZOBACK, M. D.; MOOS, D. Fluid flow along potentially active faults in crystalline rock. *Geology*, Boulder, v. 23, n. 8, p. 683-686, 1995.

BETIOLLO, L. M. Caracterização estrutural, hidrogeológica e hidroquímica dos sistemas aquíferos Guarani e Serra Geral no nordeste do Rio Grande do Sul, Brasil. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/8516>>. Acesso em: 6 nov. 2017.

BOFF, F. E. et al. Caracterização Hidroquímica das Águas Minerais da Serra do Nordeste Gaúcho. In: XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22215/14565>>. Acesso em: 1 nov. 2017.

BORTOLIN, T. A. et al. Relação entre Padrões Hidroquímicos e as Profundidades de Fraturas com Entradas de Água em Rochas Vulcânicas Ácidas da Formação Serra Geral. *Águas Subterrâneas*, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 99-118, 2016.

BORTOLIN, T. A. Padrões hidroquímicos e isotópicos do sistema aquífero serra geral do Município de Carlos Barbosa, região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. 2014. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/98154>>. Acesso em: 4 nov. 2017.

BRASIL. Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Ministério da Saúde, Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/portarias/portaria-no-2914-de-12-de-dezembro-de-2011/view>>. Acesso em: 22 set. 2017.

CAVALCANTE, I. N. Estudo hidrogeológico de terreno cristalino com manto de intemperismo: área piloto de Atibaia (SP). 1990. 153 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

CLIMATE-DATA.ORG. Oedheim, AM Online Projects, 2012. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/29062/>>. Acesso em: 6 nov. 2017.

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento. Resumo Diagnóstico Operacional – Garibaldi. Porto Alegre, no prelo 2017.

FERNANDES, A. J. Aquíferos Fraturados: Uma Revisão Dos Condicionantes Geológicos E Dos Métodos De Investigação. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v. 29, n. 1/2, p. 49-72, 2008.

FERNANDES, A. J. Aquíferos fraturados: uma revisão dos condicionantes geológicos e dos métodos de investigação. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v. 29, n. 1/2, p. 49-72, 2008.

FRANK, H. T.; GOMES, M. E. B.; FORMOSO, M. L. L. Review of the areal extent and the volume of the Serra Geral Formation, Paraná Basin, South America. Pesquisas em Geociências, v. 36, n. 1, p. 49-57, 2009.

FREITAS, M. A. D. et al. Avaliação do potencial hidrogeológico, vulnerabilidade intrínseca e hidroquímica do sistema Aquífero Serra Geral no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 31-41, 2012.

FREITAS, M. A. D. et al. Avaliação do potencial hidrogeológico, vulnerabilidade intrínseca e hidroquímica do sistema Aquífero Serra Geral no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 31-41, 2012.

FREITAS, M. A. D.; ROISENBERG, A.; ANDRIOTTI, J. L. S. Análise exploratória de dados da condutividade elétrica nas águas do sistema aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Águas Subterrâneas, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 1-17, 2016.



GARLAND, F.; HAWKESWORTH, C. J.; MANTOVANI, M.S.M. Description and petrogenesis of the Paraná rhyolites (sic), Southern Brazil. *Journal of Petrology*, Oxford, v. 36, p. 1193-1227, 1995.

GEOBANK: banco de dados mantido pelo CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Disponível em:

<[http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/litoestratigrafia.litoestratigrafia.cadastro?p\\_cod\\_unidade\\_estrat=267&p\\_webmap=N](http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/litoestratigrafia.litoestratigrafia.cadastro?p_cod_unidade_estrat=267&p_webmap=N)>. Acesso em: 17 nov. 2016.

HASENACK, H.; WEBER, E. (Org.) Base cartográfica vetorial do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS-IB-Centro de Ecologia, 2010. Escala 1:50.000. 1 DVD-ROM.

HAUSMAN, A. Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul, RS. *Acta Geologica Leopoldensia (Série Mapas)*, São Leopoldo, v. 2, p. 1-127, 1995.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 2010. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 20 nov. 2016.

KNOPMAN, D. S.; HOLLYDAY, E. F. Variation in specific capacity in fractured rocks, Pennsylvania. *Groundwater*, Westerville, v. 31, n. 1, p. 135-145, 1993.

LACHMAR, T. E. Application of fracture-flow hydrogeology to acid-mine drainage at the Bunker Hill Mine, Kellogg, Idaho. *Journal of Hydrology*, v. 155, n. 1/2, p. 125-149, 1994.

LIMA, E. F. D. et al. Sucessões vulcânicas, modelo de alimentação e geração de domos de lava ácidos da Formação Serra Geral na região de São Marcos-Antônio Prado (RS). *Geologia USP – Série Científica*, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 49-64, 2012.

LISBOA, N. A. Compartimentação Hidrogeológica e Diferenciação Hidrogeoquímica em Aquíferos do Extremo Sul do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul. In: 10º Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Gramado, 1993. *Anais*, p. 539-548, 1993.

LISBOA, N. A. Fácies, estratificações hidrogeoquímicas e seus controladores geológicos, em unidades hidrogeológicas do sistema aquífero Serra Geral, na bacia do Paraná, Rio Grande do Sul. 1996. 135 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

MACHADO, J. L. F.; DE FREITAS, M.A. Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro: CPRM, 2005, 1 mapa, col. Escala 1:750.000. Disponível em: <[http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/5249/2/mapa\\_hidro\\_RS\\_final.pdf](http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/5249/2/mapa_hidro_RS_final.pdf)>. Acesso em: 1 nov. 2017.

MILANI, E. J. et al. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007.

MILANI, E. J. Evolução Tectono-Estratigráfica da Bacia do Paraná e seu Relacionamento com a Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. 1997. 225 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

NANNI, A. S. O Fluor em Águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico. 2008. 127 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/13785>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

NARDY, A. J. R.; MACHADO, F. B.; OLIVEIRA, M. A. F. As rochas vulcânicas mesozoicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. Revista Brasileira de Geociências, Curitiba, v. 38, n. 1, p. 178-195, 2008.

PEATE, D. W.; HAWKESWORTH, C. J.; MANTOVANI, M. S. M. Chemical stratigraphy of the Paraná lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. Bulletin of Volcanology, v. 55, n. 1/2, p. 119-139, 1992.

REGINATO, P. A. R. Integração de Dados para Prospecção de Aquíferos Fraturados em Trecho da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (RS). 2003. 254 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/117392>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

REGINATO, P. A. R.; AHLERT, S. Uso de Radar na Identificação de Lineamentos e Caracterização de Aquíferos Fraturados Associados à Formação Serra Geral, na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.20.14.52/doc/p1486.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

REGINATO, P. A. R.; STRIEDER, A. J. Caracterização Estrutural dos Aquíferos Fraturados da Formação Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Geociências*. v. 36, n. 1, p. 13-22, 2006.

REGINATO, P. A. R.; STRIEDER, A. J. Caracterização hidrogeológica e potencialidades dos aquíferos fraturados da Formação Serra Geral na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Cuiabá, 2004. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23400/15489>>. Acesso em: 6 nov. 2017.

REGINATO, P. A.; FINOTTI, A. R.; MICHELON, C. Relação entre Estruturas Primárias e a Locação de Poços Tubulares: Análise Preliminar. In: XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Curitiba, 2006. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23116/15230>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

SCHERER, C. M. S. Análise estratigráfica e litofaciológica da Formação Botucatu (Eocretáceo da Bacia do Paraná) no Rio Grande do Sul. 1998. 224 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas: Banco de dados mantido pelo CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php)>. Acesso em: 20 set. 2017.

WAICHEL, B. L.; LIMA, E. F.; SOMMER, C. A. Tipos de derrame e reconhecimento de estruturas nos basaltos da Formação Serra Geral: terminologia e aspectos de campo. *Pesquisas em Geociências*, v. 33, n. 2, p. 123-133, 2006.

WHITE, I. C. Relatório sobre as coal measures e rochas associadas, do sul do Brasil. Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, v. 1, p. 2-300, 1908.

WILDNER, W. et al. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro: CPRM, 2008, 1 mapa, col. Escala 1:750.000. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia\\_basica/cartografia\\_regional/mapa\\_rio\\_grande\\_sul.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_rio_grande_sul.pdf)>. Acesso em: 3 nov. 2017.

WILDNER, W.; ORLANDI FILHO, V.; GIFFONI, L.E. Itaimbezinho e Fortaleza, RS e SC - Magníficos Cânions Esculpidos nas Escarpas Aparados da Serra do Planalto

Vulcânico da Bacia do Paraná. In: WINGE, M. et al. (Ed.). Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, 2006. Disponível em:  
<<http://sigep.cprm.gov.br/sitio050/sitio050.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2017.

ZALÁN, P. V. et al. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In: III Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Curitiba, 1987. Atas, v. 3, n. 1987, p. 441-477, 1987.

## Anexo A - Banco de dados hidrogeológico.

Código	Proprietário	Uso da Água	Situação do Poço	Município	Coordenada N	Coordenada E	Altitude Inicial	Altitude Final	Profundidade	NE	EA - Prof	q	Vazão
4300010511	SOCIEDADE OTAVIO AGOSTINI			Garibaldi	6770054	442772	527	383	144				
4300010512	FONTE NOVA AGUA DO MAR			Garibaldi	6769945	443301	506	404	102				
4300010513	ASSOCIAÇÃO DE MORADORES DA GRACIEMA			Garibaldi	6770120	445786	487	400	87				
89	JACOB FABBRIS	Irrigação	Bombeando	Garibaldi	6765659	444584	652	580	72	48		0,362	2,83
4300021715	MOET HENNESSY DO BRASIL VINHOS E DESTILADOS			Garibaldi	6766350	450283	602,85	452,85	150	10,9	27-68-96	0,179	9,86
4300022428	CAVE SAO MIGUEL IND E COM DE PRODUTOS ALIMENT LTDA			Garibaldi	6761463	451966	512	432	80	7,75		0,45	1,56
4300022487	FRIGORIFICO NICOLINI			Garibaldi	6761713	445414	641	491	150	78,5		0,104	4,33
4300022495	FRIGORIFICO NICOLINI			Garibaldi	6760352	444408	638	566	72	44,18	44-57	2,475	55,38
4300022496	FRIGORIFICO NICOLINI			Garibaldi	6761650	446111	636	566	70	7,5	15	0,249	5,48
4300022703	TRANSPORTADORA TEGON VALENTI S/A			Garibaldi	6767289	449746	590	470	120	5,75		0,052	4,24
006073-0500/05-9	PENASUL ALIMENTOS LTDA	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6764649	450151	739	419	160	30,05	96	2,196	33,75
006074-0500/05-1	PENASUL ALIMENTOS LTDA	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6764192	449897	709	549	160	93,2	96	0,763	8
11343-0500/02-3	ALLIED DOMEQ BRASIL INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6766056	449522	685	511	174	37,2	58-144	0,408	8,395
1139-0500/02-5	PENASUL ALIMENTOS LTDA	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6764761	450413	?		65,5	11,3	34,4-37,7-39-41-42	0,35	10,28
16493-0500/04-3	ASSOCIAÇÃO CARITATIVO LITERARIA SAO JOSE	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6763663	449035	600	400	200	1,65		0,006	0,6
1854-0500/02-2	PENASUL ALIMENTOS LTDA	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6768876	450499	610	478	132	43	70	0,119	5,6
IT400	CORSAN	Abastecimento Urbano	Parado	Garibaldi	6763044	451870	651	495	156	1,06	12-22-79	0,348	24
IT403	CORSAN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6767335	449783	575	460	115	6,14	3-8	0,088	6,18
IT405	CORSAN	Abastecimento Doméstico	Bombeando	Garibaldi	6769236	448342	564	413,7	150,3	2,9	1,8-105-122-141	0,044	3,08
IT406	CORSAN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6768832	448274	571	452,5	118,5	2,35	4-23,5-107,5	0,203	18,95
IT411	CORSAN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6765092	448942	600	515,3	84,7	2,8	17-28	5,411	86
IT414	CORSAN	Abastecimento Urbano	Não Instalado	Garibaldi	6762919	451774	100		174	0,46		0,908	47,7
IT415	CORSAN		Não Instalado	Garibaldi	6763634	450092	644	560	84	5	31-38-47	8,718	61,2
IT416	CLAUDIR CATANI	Abastecimento Doméstico	Bombeando	Garibaldi	6764617	450147	646	514	132	26	93-106		13
IT417	FRINAL FRIGORIFICO E INTEGRACAO	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6769762	449735	498	443	55	2,02	23-48,6	0,313	14
IT418	FRINAL FRIGORIFICO E INTEGRACAO	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6765187	450169	647	579	68	25	8-49	5,077	19,8
IT419	CHANDON DO BRASIL VITINI CULTURA LTDA	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6766219	450200	578	488	90	26	66-72-87	0,32	8

Código	Proprietário	Uso da Água	Situação do Poço	Município	Coordena- da N	Coordena- da E	Altitude Inicial	Altitude Final	Profundi- dade	NE	EA - Prof	q	Vazão
IT424	PREFEITURA MUNICIPAL DE GARIBALDI	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6764013	452104	623	521	102	0,2	0,9-4,8	0,611	28,4
IT425	PREFEITURA MUNICIPAL DE GARIBALDI	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6768519	445141	552	492	60	0,7	48-50	0,47	18
IT426	PREFEITURA MUNICIPAL DE GARIBALDI	Abastecimento Doméstico	Bombeando	Garibaldi	6765807	444440	481	331	150	0,7			4,8
IT427	PREFEITURA MUNICIPAL DE GARIBALDI	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6764512	442472	437	325	112	22,5		0,136	4
IT428	PREFEITURA MUNICIPAL DE GARIBALDI		Parado	Garibaldi	6763882	441829	444	329	115	64,12	16-35-74,2	1,705	1,5
IT429	HIDROMAR FORNECEDORA DE AGUA LTDA	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6761695	439124	521	428	93	4,4			16,8
IT430	ALTAMIRA FORNECEDORA DE AGUA	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6760706	438477	538	402	136	3,6		0,028	2
IT431	ABASTECEDORA DE AGUA LINHA SANTANA	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6760908	437356	568	488	80	19,82	2,6-17,5-44,5-62	0,117	4,8
IT432	ANGELO BERTELA	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6765692	435811	514	358	156	1		0,083	3,6
IT433	FRIGORIFICO NICOLINI	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6761118	445431	555	385	170	21,3			16,9
IT434	FRIGORIFICO NICOLINI	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6762323	446988	558	406	152	17,7			17,5
IT435	FRIGORIFICO NICOLINI	Abastecimento Industrial	Parado	Garibaldi	6762450	446199	570	429	141				-
IT436	ASSOCIACAO UNIDOS DO PARQUE FENACHAMP	Abastecimento Doméstico	Bombeando	Garibaldi	6762086	451993	616	530	86				-
IT437	PENASUL ALIMENTOS LTDA	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6764237	449932	681	626	160	93,2	96	0,773	8
IT438	PENASUL ALIMENTOS LTDA	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6764681	450207	676	616	160	30,05	96	2,196	33,75
IT439	MADEM S/A-INDUSTRIA E COMERCIO DE MADEIRA E EMBALA	Abastecimento Múltiplo	Bombeando	Garibaldi	6766292	449509	644	546	98	9,7			6,8
IT440	TIBRE-ESTRUTURAS E ESQUADRIAS LTDA	Abastecimento Doméstico	Bombeando	Garibaldi	6765600	450233	704	604	100	14,6			8,5
IT441	PIVA-COMERCIO E INDUSTRIA LTDA	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6765745	450615	705	597	108	21,7			4,8
IT442	WINE PARK LTDA	Abastecimento Múltiplo	Bombeando	Garibaldi	6766867	449651	618	513	105	10,9			14,7
IT443	ASSOCIAÇÃO AURINO BORTOLINI	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6762536	441340	546	431	115	18,7	1,6-35-74,2		5,8
IT444	ASSOCIACAO DE AGUAS COSTA REAL - SAO PANTALEAO	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6764659	440703	550	435	115	24,45	0,8-24,6		5,5
IT445	ASSOCIAÇÃO DE AGUAS COSTA REAL-SÃO GOTARDO	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6763890	439650	560	450	110	16,8	3,4-25,9-39,6		8,2
IT446	ASSOCIAÇÃO PRO-AGUA PANTALEÃO	Abastecimento Doméstico	Bombeando	Garibaldi	6764908	438692	577	429	148	24,8	68-78		6,2
IT447	ASSOCIAÇÃO DE AGUAS SAUL AGOSTINI-SÃO GOTARDO	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6764680	438300	586	456	130	16,9			9,7
IT448	HIDRO JORGE-FORNECEDORA DE AGUA	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6768033	443288	508	398	110	19,5			7,8
IT449	ASSOCIAÇÃO LINHA ANUNCIATA	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6768347	441327	545	461	84	8,9	43-49		9,8
IT450	ASSOCIAÇÃO DE MORADORES DE STO ALEXANDRE	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6769650	441495	543	441	102	6,4			8,6

Código	Proprietário	Uso da Água	Situação do Poço	Município	Coordena- da N	Coordena- da E	Altitude Inicial	Altitude Final	Profundi- dade	NE	EA - Prof	q	Vazão
IT451	ASSOCIAÇÃO DE MORADORES DA GRACIEMA	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6769592	446444	507	417	90	5,7			7,5
IT455	REAL FORNECEDORA DE AGUA	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6769291	440344	430	388	42	0,5	38		33
IT456	DELAZERI INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	Abastecimento Doméstico	Bombeando	Garibaldi	6761219	452229	602	518	84	3,4			11,5
IT457	FRINAL-FRIGORIFICO INTEGRAÇÃO AGRICOLA LTDA		Abandonado	Garibaldi	6765330	450044	688	608	80	6,1	16,5-34,3-70	0,619	15,84
IT458	TELASUL S/A	Abastecimento Múltiplo	Bombeando	Garibaldi	6767436	449993	617	505	112	2		0,117	9
IT459	TELASUL S/A	Abastecimento Múltiplo	Bombeando	Garibaldi	6767671	449954	604	526	78	3,7			10,5
IT460	ASSOCIAÇÃO DE MORADORES DE STO ALEXANDRE	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6769760	440881	548	418	130	19,4			6,1
IT461	ASSOCIAÇÃO SÃO CAETANO	Abastecimento Doméstico	Bombeando	Garibaldi	6769636	436433	496	346	150		44		
IT462	POÇO COMUNITARIO - LINHA CAMARGO	Abastecimento Doméstico, Animal	Bombeando	Garibaldi	6764422	435709	511	392	119	31,8			3,7
IT463	ANTONIO ECCKER	Abastecimento Doméstico	Bombeando	Garibaldi	6764472	441917	400	314	86	1,8			6,5
IT464	ANTONIO ECCKER	Abastecimento Doméstico	Bombeando	Garibaldi	6763717	448516	569	469	100	8,7			7,9
IT465	PENASUL ALIMENTOS LTDA	Abastecimento Industrial	Bombeando	Garibaldi	6765982	449218	636	536	100	24,15	34-40	0,263	7,6
IT466	ERNESTIDES BEN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6767826	449651	566	506	60	1,9			12,8
IT467	CONSTRUTORA PAREZOTTO LTDA	Abastecimento Múltiplo	Bombeando	Garibaldi	6767916	449699	551	491	60	1,2			10,5
LIMPEZA	DEPARTAMENTO VINICOLA ARMANDO PETERLONGO			Garibaldi	6763663	447856	?		181	10		0,016	2,2
NG0121	CORSAN			Garibaldi	6755609	427638	?		150				
NG0816	CORSAN			Garibaldi	?	?	?		150,3	2,9	1,8-105-122-141		3,1
NG0827	CORSAN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6762908	450376	623	495	128	30,7	2,3-38-42,3-101,5-118,5	0,726	41,35
NG0838	CORSAN			Garibaldi	6762788	450680	623	482	141	4,85	3,5-8-20-27-58-117-126	2,82	85
NG0867	CORSAN			Garibaldi	?	?	?		218		2,5-8-119		
NG0880	CORSAN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6768996	451056	621	498	123	28,86	0,8-18-48-63-72	0,619	14,4
NG0895	CORSAN			Garibaldi	?	?	?		200	16,45	6-39-67-146		6
NG1000	CORSAN	Abastecimento Público, Humano		Garibaldi	6765090	448940	611	526,3	84,7	2,8	17-28	5,099	70
NG1003	CORSAN			Garibaldi	?	?	?		118,5	2,35	4-23,5-107,5		12
NG1121	CORSAN			Garibaldi	?	?	?		62	11,94	8-36-48		7
NG1163	CORSAN	Abastecimento Público, Humano		Garibaldi	6767265	449784	595	480	115	6,14	3-8		4
NG1766	CORSAN	Abastecimento Público, Humano		Garibaldi	6763232	449865	617	441	176		5-118-165		9

Código	Proprietário	Uso da Água	Situação do Poço	Município	Coordena- da N	Coordena- da E	Altitude Inicial	Altitude Final	Profundi- dade	NE	EA - Prof	q	Vazão
NG1767	CORSAN	Abastecimento Público, Humano		Garibaldi	6763055	447542	612	458	154		26		2
NG1838	CORSAN			Garibaldi	?	?	?		140				
NG1852	CORSAN	Abastecimento Público, Humano		Garibaldi	6763697	448676	603	437	166		16		6
NG1853	CORSAN			Garibaldi	6762226	451403	544	424	120	4,82	14a18-54a66-76a78	1,12	36
NG1861	CORSAN			Garibaldi	?	?	?		140	1,54	38-61-66-89a96-110		30
NG1862 (IT408)	CORSAN			Garibaldi	6762774	448201	641	539	102	3,18	34-55a58	0,573	33
NG1863	CORSAN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6764341	449400	612	522	90	2,18	28a32-48a50	1,03	43
NG1864	CORSAN	Abastecimento Público, Humano		Garibaldi	6764338	448054	599	433	166		156		
NG1865 (IT407)	CORSAN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6768458	447919	599	459	140	16,98	126	2,14	45
NG2454 (IT410)	CORSAN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6765435	449029	500	385	115	12,83	3-10-34-75-96	0,355	28,8
NG2565 (IT404)	CORSAN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6768424	449867	578	497	81	2,51	30-63-66-74	1,69	55
NG2583	CORSAN			Garibaldi	?	?	?		158	1,06	12-22-79	1,04	24
NG2586 (IT402)	CORSAN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6763247	449613	613	463	150	12,63	55-113	1,64	45
NG2587 (IT401)	CORSAN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6763615	450156	632	484	148	26,45	148	0,71	45
NG2588 (IT413)	CORSAN		Não Instalado	Garibaldi	6765107	447381	593	443	150	3,43	35-62	0,284	16,6
NG2913 (IT412)	CORSAN	Abastecimento Urbano	Bombeando	Garibaldi	6764846	448582	609	445	164	30,15	35-161	0,49	40
NG3236	CORSAN			Garibaldi	6765064	448937	615	465	150	42,09	65-80-115-141-147	0,79	30
NG3525	CORSAN			Garibaldi	6769876	448579	570	300	270				
NG3526	CORSAN			Garibaldi	6767552	448052	655	403	252		144-148		
NG3636	CORSAN			Garibaldi	6768783	448229	589	379	210		28-108-124-149		4,2
SASG1	Leonir Trombini	Abastecimento Humano, Dessedentação de Animais		Garibaldi	6766451	449259	662	509	153	57,4	90-118	0,0165	1,2
SASG2	MARIA TERESA MONTEMAGGIORE TROMBINI	Dessedentação de Animais		Garibaldi	6766795	448008	722	572	150	125	30-140	0,144	1
SASG3	Vidraçaria Modelo	Indústria de Vidros		Garibaldi	6761943	449405	667	567	100	19,62	27-46-80	0,203	10
SASG4	Associação Verde Rosa	Irrigação		Garibaldi	6761774	448243	665	569	96	16,7	36-74	0,281	4,5
SASG5	Jurema Trevisol Fontana	Abastecimento Humano		Garibaldi	6761602	451522	660	460	200	16,35	42-170	0,062	3
SASG6	Tramontina - Poço 1	Indústria Metalúrgica		Garibaldi	6763171	449826	618	486	132	53,6	80	2,6	14
SASG7	Tramontina - Poço 2	Indústria Metalúrgica		Garibaldi	6763060	450046	624	474	150	59,7	26-122	0,396	5



Código	Proprietário	Uso da Água	Situação do Poço	Município	Coordena- da N	Coordena- da E	Altitude Inicial	Altitude Final	Profundi- dade	NE	EA - Prof	q	Vazão
SASG8	BASSO VEÍCULOS			Garibaldi	?	?	?		80	8,86	45-55	0,512	5
SASG9	GEREMIA REDUTORES LTDA	Irrigação		Garibaldi	6769762	449122	599	395	204	72,92	154	0,172	9
SASG10	GOLDEN GARDEN EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA	Abastecimento Humano		Garibaldi	6765591	449392	721	619	102	44,53	45-50-78	3,072	12
SASG11	METALÚRGICA RICEFER LTDA	Indústria Metalúrgica		Garibaldi	6768136	449925	579	479	100	9,84	35-86	1,92	10
SAG-01	TRAMONTINA - POÇO 3			Garibaldi	6763127	449842	620	-124	744		635		
2885/SHX3			Produtivo/Atulhad o	Garibaldi	?	?	?		95				6
2795/SME2			Produtivo	Garibaldi	?	?	?		102				25
1717/MUT1A			Produtivo	Garibaldi	?	?	?		79				7,1
4398/SAX4A			Produtivo	Garibaldi	?	?	?		102				7
3758/CMG1			Produtivo	Garibaldi	?	?	?		156				3,6
3759/ANU2			Parado	Garibaldi	?	?	?		150				
3760/CMG2			Parado	Garibaldi	?	?	?		120				
4437/ARP2			Produtivo	Garibaldi	?	?	?		72				22
4536/ANV3			Produtivo	Garibaldi	?	?	?		84				5
4689/ATM1A			Produtivo	Garibaldi	?	?	?		180				5
4690/ATM2			Parado	Garibaldi	?	?	?		186				
5258/CMG3			Parado	Garibaldi	6766425	436265	?		204				
5747/SRK2			Produtivo	Garibaldi	6760779	443903	?		48				46
5761/SGO1A			Parado	Garibaldi	6764033	438884	?		216				
5762/SGO1			Parado	Garibaldi	6744033	438884	?		14				
5773/SGO2			Parado	Garibaldi	6764121	437421	?		156				
5774/SLR1			Parado	Garibaldi	6764602	445608	?		234				
5805/GBR2			Parado	Garibaldi	6762774	448273	?		228				
6011/SGO3			Produtivo	Garibaldi	6764862	437332	?		114				6,5
6341/GLM1			Produtivo	Garibaldi	6769824	443231	?		204				6
6956/CGS5			Produtivo	Garibaldi	6763060	450091	?		222				6,7
7130/GA20			Produtivo	Garibaldi	6760037	440532	?		162				11,6

Código	Proprietário	Uso da Água	Situação do Poço	Município	Coordena- da N	Coordena- da E	Altitude Inicial	Altitude Final	Profundi- dade	NE	EA - Prof	q	Vazão
6760/GSD1			Parado	Garibaldi	6768785	448231	?		210				
6805/GAB05			Produtivo	Garibaldi	6768795	447524	?		180				20,6
SASG12	ADIR LUIZ GEREMIA	Irrigação	Produtivo	Garibaldi	6766897	451695	601	501	100	21		0,45	9,78
SASG13	AIRTON ANTONIO FILIPPI	Irrigação	Produtivo	Garibaldi	6767842	447502	603	477	126	79,1		0,54	4,29
SASG14	ALDO MAFFEI	Dessedentação de Animais	Produtivo	Garibaldi	6761555	443236	580	494	86	7,58		0,07	2,11
SASG15	ANGELO SALVAGNI	Irrigação, Dessedentação de Animais	Produtivo	Garibaldi	6765381	445050	469	337	132	8,1		0,03	6,93
SASG16	ANNA FRAPORTI NICOLDI	Dessedentação de Animais	Produtivo	Garibaldi	6761787	444660	510	410	100	2,6		0,89	6,65
SASG17	ASSOCIAÇÃO HIDRO NOSSA SENHORA DE CARAVAGIO	Abastecimento Público	Produtivo	Garibaldi	6764467	450584	678	498	180	41		0,01	1,87
SASG18	ASSOCIAÇÃO ARARIPE FORNECEDORA DE ÁGUA	Abastecimento Público	Produtivo	Garibaldi	6765737	444332	503	395	108	40,1		2,51	1,71
SASG19	ASSOCIAÇÃO HIDROMELLO FORNECEDORA DE ÁGUA - POÇO 1	Abastecimento Humano	Produtivo	Garibaldi	6760774	443846	590	473	117	6,1	35-52	0,55	11,25
SASG20	ASSOCIAÇÃO HIDROMELLO FORNECEDORA DE ÁGUA - POÇO 2	Abastecimento Humano	Produtivo	Garibaldi	6760779	443905	590	542	48	8,65	24-43	1,34	18
SASG21	ASSOCIAÇÃO HIDROREAL FORNECEDORA DE ÁGUA	Abastecimento Humano	Produtivo	Garibaldi	6764843	437283	500	420	80	9,6		0,2692	5,7
SASG22	ASSOCIAÇÃO LITERÁRIA SÃO BOAVENTURA	Irrigação	Produtivo	Garibaldi	6763597	448035	?		86	15,85		0,46	2,69
SASG23	ASSOCIAÇÃO POÇO ARTESIANO LINHA SANTO ALEXANDRE - ÁGUAS CRISTALINAS	Abastecimento Público	Produtivo	Garibaldi	6769711	440829	?		76	6,55		0,08	3,59
SASG24	AVIÁRIO SEBBEN LTDA - POÇO 1	Dessedentação de Animais	Produtivo	Garibaldi	6739239	442252	464	354	110	4,5		0,06	1,49
SASG25	AVIÁRIO SEBBEN LTDA - POÇO 2	Dessedentação de Animais	Produtivo	Garibaldi	6739299	438529	464	324	140	54,25		0,09	1,74
SASG26	BEIFIUR LTDA	Irrigação	Produtivo	Garibaldi	6766577	450232	512	412	100	4,5		0,3	3,5
SASG27	CLAIMAR CHESINI	Irrigação	Produtivo	Garibaldi	6771058	447359	624	534	90	1,5		0,16	2,63
SASG28	CLAIR ROSSI	Irrigação, Dessedentação de Animais	Produtivo	Garibaldi	6761446	444796	588	468	120	2,6		0,89	5,68
SASG29	COURMAYEUR DO BRASIL VINHOS LTDA	Abastecimento Industrial	Produtivo	Garibaldi	6768647	448488	608	508	100	34,98		0,11	3,61
SASG30	DÉLCIO CARRARO	Irrigação	Produtivo	Garibaldi	6762735	447969	641	541	100				1,3
SASG31	DARCY LAZZARI	Irrigação, Dessedentação de Animais	Produtivo	Garibaldi	6765381	445050	469	397	72	7,95		0,81	2,43
SASG32	DOLPHINA M B PIETA	Abastecimento Múltiplo	Produtivo	Garibaldi	6763759	448494	512	485	27	17,75			3,69
SASG33	EDGAR ANTÔNIO BENVENUTTI	Abastecimento Humano	Produtivo	Garibaldi	6768468	449726	564	467	97	19,1	30-85	1,69	6,168
SASG34	ELBBEN EMPREENDIMENTOS MOBILIÁRIOS E IMOBILIÁRIOS LTDA	Dessedentação de Animais	Produtivo	Garibaldi	6762420	444975	623	363	260	112,1		1,23	0,77
SASG35	EMBALASUL PARTICIPAÇÕES LTDA	Dessedentação de Animais, Abastecimento Industrial	Produtivo	Garibaldi	6762332	447634	641	546	95	8,12		0,56	2,46
SASG36	EXTRATUS INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS LTDA	Abastecimento Humano, Abastecimento Industrial	Produtivo	Garibaldi	6760196	445361	688	588	100	18,5		0,06	1,28

Código	Proprietário	Uso da Água	Situação do Poço	Município	Coordena- da N	Coordena- da E	Altitude Inicial	Altitude Final	Profundi- dade	NE	EA - Prof	q	Vazão
SASG37	ROSA CECILIA RESTELLI BENEDET	Irrigação, Dessedentação de Animais	Produtivo	Garibaldi	6765547	444598	464	361	103	9,2		0,09	1,05
SAG-02	COOPERATIVA SANTA CLARA LTDA	Abastecimento Industrial	Parado	Carlos Barbosa	6757039	452587	675	-275	950	180	700		1,15

## Anexo B - Banco de dados hidroquímico.

Código	Condutividade	pH	Temp.	STD	Alcalinidade	HCO3	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Al	Zn	Cloretos	Fluoretos	Sulfatos	NO3
4300002924		7,1		143,6	65		0,1	0	2,4						5	0,7	3,3	
4300002930	146,8	7,4		139	66		0,1	0,07	2,8	18,2	5	1,7			3	0	0,5	
4300002931	119,2	6,6		123,2	51		0,1	0,03	4,9	11,6	11	2,9			6	0	0,4	
4300002932	124,3	7,1		127	53		0,2	0,07	3	11	10	2			3	0,2		
4300010559	114,3	6,7		133,4	50		0,1	0,03	3,3	11,4	7	2,9			5	0	1,2	
4300010561	251	7,3		200	103		0	0,03	6	31	15	3,7			11	0,2		
4300010562	168,1	7,6		161	83		0	0,03	1	10	30	0,8			2	0,2		
4300021305	178,3	7,59	20	125	79		0,08	0		16,02	15	0	0	0,08	2	0,22	1,41	0,61
4300021715	177,8	8,24		124,93	99,7	121,53	0,06	0	0	10,67	17	0,5	0	0,032	6,89	0,36	0	0
4300022428	98,3	6,53		63,9	41,7		0	0	6,8	16,3	7,29	8,55	0,06	0,21	4,6	0,15	6,1	1,2
4300022487	233	7,27	20		88,15		0,0005	0,0015	0,997	25,43	19,65	1,11	0,2	0,14	6,91	0,51	5	2,06
4300022495	119,5	7,52	15		50,55		0,062	0,0015		9,01	3,86	3,19	0,2	0,023	7,18	0,14	5	1,33
4300022496	135,6	7,75	13		48,35		0,16	0,0015		9,38	1,29	2,6	0,1	0,0015	6,46	0,01	4,9	2,47
4300022703	131,7	6,71	22,3	86,4	20,4		0,26	0,07	9,4	14,3	35,8	28,7	0,05	0,1	23,1	0,12	11,3	0,77
4300022704	144	7	19	148			0	0,004	3,78	18,5	14,4	0,38	0	0,47	2,07	0,23	1,28	1,9
AR-4895987	144	7	19	148	69,3		0	0,004	3,78	18,5	14,4	0,383	0	0,474	2,07	0,233	1,28	1,9
IT400	160,2	7,1	21	146	70	85	0,1	0,1	3	16	10	2			0	0,2		
IT403	120,5	6,6	19	175,4	103	126	4,9	2,75	9,4	19	8	3,9		1,5	3		0,8	
IT405	190,1	8	18	182,2	115		0,2	0,03		1,6			0,8		3	0,5	1,1	
IT406	141	6,4		155,7	70	85,4	0,3	0,08	2,7	17,2	8	1,2	2,7		5	0,7	0,8	
IT411	154,9	6,5	19	167,4	42	51,2	0,9	0,08	4,9	11,6	7	2,6	3,6		9	0,5	1,2	
IT414	101,2	7,4		116	43	52	0,1	0,03	2	11	6	3,3			2	0		
IT415	113,4	6,8		130	49	60	0	0,03	2	13	6	2,6			1	0		
IT417	187,5	7,1	19		70	85,4	0		1,8	19,2			10,6		3,5	0	5,8	0,44
IT418	257	6,9	18		66	80,5	2,2	0,36	5,8	13,6			2,7		3,5	0,5	5,7	0
IT424	119,9	6,9	19	158	65	79	1,4	0,07	3	14	7	1,8			2	0,3		
IT425	127,7	6,9	19	134	54	66	0	0,03	3	11	9	2,6			2	0,2		

Código	Condutividade	pH	Temp.	STD	Alcalinidade	HCO3	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Al	Zn	Cloretos	Fluoretos	Sulfatos	NO3
IT427	222	7,5	20	210	88	107	2,6	0,15	12	9	14	1			4	0,4		
IT428	207	7,4		147	102	124	0	0	7	24	10	1			2	0		
IT430	157,8	6,9	20	153	104	127	0,1	0,2	5	24	16	1,4			3	0,2		
IT431	239	7,8	19	206	120	146	0	0,03	3	26	26	7,8			4	0		
IT432	238	8,1	20	164	119	145	0	0,3	4	23	13	1,8			2	0,2		
IT437 (6074-0500/05-1)	126,7	6,9	19	87,2	54,2		1,03		3,35	15	13	1		0,03	8,6	0,25	3,03	1,52
IT438 (6073-0500/05-9)	187,8	6,4	18	99,05	54,2		3,45	0,39	10,68	17,47	19	4	0	0,053	5,98	0,3	78,67	0,43
IT456	87,9	6,6	18	152,5	30,75		0,04	0,01							7,42		0	0,8
IT457	135,4	7,4	17		32	39	0,01		0,1	7,2			2,1		5,1	0	3,3	0,66
IT465	135,8	7	16			0	0,16	0,1	2,9	12,1	4	6	0,07	0,22	5,3	0,5	5	0,64
NG0816		8,9		182,2	115		0,3	0,03	0	1,6			0,8		3	0,5	1,1	
NG0827	159,7	6,8	19	150	61	74	0,1	0,03	2,2	12,8			0,4		6	0,2	6,6	
NG0838	150,2	7,6	20	115	48	58,6	0,2	0,15	1,9	12			0,5		3	0,1	7,3	
NG0880	184,8	7,8		159	91	111	0,1	0	1,7	20,8	22		0		8		4,1	
NG0895	176,3	7,8		195	93	113	0,1	0,03	2	18	21	0,4			1	0,4		
NG1000	111,2	6,5		167,4	42	51,2	0,9	0,08	4,9	11,6	7	2,6	3,6		9	0,5	1,2	
NG1003	141	6,4		155,7	70	85,4	0,3	0,08	2,7	17,2	8	1,2	2,7		5	0,7	0,8	
NG1121	98,6	6,6		115,5	48	58,6	0,2	0,15	2,7	10	8	2,1			5	0,2	3,9	
NG1163	201	6,4		175,4	103	126	4,9	2,75	9,4	19	8	3,9		1,5	3	0	0,8	
NG1853 (IT399)	155,4	6,8	19	139	66	80,5	0,1	0,07	2,8	18,2	5	1,7			3	0	0,5	
NG1862 (IT408)	158	6,9	19	123,2	51	62,2	0,1	0,03	4,9	11,6	11	2,9			6	0	0,4	
NG1863	109,9	6,6	18	133,4	50	61	0,1	0,03	3,3	11,4	7	2,9			5	0	1,2	
NG1865 (IT407)	188,1	7,2	19	160	94	114,7	0,1	0,03	3,5	22,6	16	0,9			3		1,1	
NG2454 (IT410)	137,5	6,8	18	127	53	65	0,2	0,07	3	11	10	2			3	0,2		
NG2565 (IT404)	130,3	6,8	19	125	63	77	0,1	0,03	8	4	8	2,5			2	0		
NG2583	158	7,4		141	74	90	0,15	0,198	3	18	10				1,2	0,112	0,99	0,21
NG2586 (IT402)	181,4	7	19	200	103	126	0	0,03	6	31	15	3,7			11	0,2		

Código	Condutividade	pH	Temp.	STD	Alcalinidade	HCO3	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Al	Zn	Cloretos	Fluoretos	Sulfatos	NO3
NG2587 (IT401)	189,9	7,8	20	161	83	101	0	0,03	1	10	30	0,8			2	0,2		
NG2588 (IT413)	108,6	7,6		88	50	61			5	9					2,2	0,113	0,45	0,39
NG2913 (IT412)	215	7,6	20	178	104	127	0	0	0,4	10	42				3	0,1		1
SASG1		7,35		153			ND	0,029		0	34,7		ND	0,018	2,48		33,7	
SASG10	110,2	7,22		99,1	70,7		ND	ND		32,1	10,8	4,7	ND	0,19	2,5	0,17	5,9	0,64
SASG11	144	6,26	23,5	164	58,6		0,051	0,09		16,16	15,1	6,5	0,013	ND	5,59	ND	ND	0,613
SASG2	144	7	19	148	69,3		ND	0,004		18,5	14,4	0,383	ND	0,474	2,07	0,233	1,28	1,9
SASG3	210	6,38	17	154	67,3		ND	ND		21,8	10,2	2,5	ND	ND	9,48	0,277	0,518	5,8
SASG4	42,4	5,87	21	63			ND	0,08		2,6	3,84	3,16	ND	0,049	1,73	0,036	ND	0,561
SASG5		6,71		110			0,138	0,011			8,24		0,028	0,552	2,6		0,36	
SASG6	153	6,79	17	119	62,2		ND	ND		14,1	7,47	2,63	ND	ND	4,11	0,225	1,37	1,26
SASG7	156	6,57	17	100	66,3		0,044	ND		15,2	7,62	2,75	ND	0,492	3,89	0,241	1,35	1,13
SASG9	203	8,24	19,5	170	102,7		ND	ND		9,69	36,977	0,228	0,018	0,086	3,6	ND	2	1,679
SASG12	189,4	6,55	21,9	125,1	15,2		0,16	0,03	11,3	24,6	8,6	12,4	0,05	0,15	27,3	0,13	9,6	1,54
SASG13	163,1	7,44	19,8	146,8	39,7		0,05	ND	9,4	17,3	7,3	5,7	0,01	0,1	6,7	0,19	14,2	0,63
SASG14	141,8	7,27	19,4	127,6	31,6		0,08	<0,01	13,7	19,3	10,7	15,2	0,009	0,14	10,2	0,14	2	0,79
SASG15	223,2	7,3	23,1	187,4	35,8		0,05	ND	16,7	23,6	47,5	39,2	0,01	0,09	47,5	0,1	12,3	0,32
SASG16	186,2	7,47	20,8	167,58	80,12		0,17	0,05	14,75	29,18	37,27	51,36	0,08	1,05	53,2	0,16	49,5	1,67
SASG17	138,1	7,14	20,9	128,6	20,7		0,03	0,04		30,3	11,1	8,1	0,004	0,14	6,4	0,13	0,1	0,58
SASG18	130,7	7,06	21,4	84,9	15,3		0,14	0,03	15,9	26,8	10,2	6,9	0,01	0,21	7,9	0,11	<0,1	0,81
SASG19	193	6,72		145	64		0,267	0,023	2,75	40,38	7	1	ND	0,01	3,04	0,15	3,09	3,33
SASG20	125,8	6,92	19,9	113,22	64		0,11	0,03		37,25	28,41	19,86	0,05	0,85	68,9	0,19	43,2	2,18
SASG21	145,4	7,02	19	130,8	60,7		ND	ND	6,9	18,8	10,1	8,7	ND	0,1	4,9	0,12	1,8	2,14
SASG22	130,8	7,25	26,4	117,7	41,9		0,09	ND	13,7	15,8	15,1	11,7	0,006	0,22	6,5	0,12	ND	1,37
SASG23	126,1	6,97	18,8	113,5	10,9		0,07	<0,01	15	29,1	9,6	7,4	0,008	0,14	9,4	0,11	<0,1	1,16
SASG24	217,4	8,59	16,9	195,6	30,7		0,15	ND	12,3	27,9	19,4	11,7	0,02	0,17	6,1	0,11	1,8	0,76
SASG25	229,1	7,95	18,4	206,1	30,7		ND	ND	9,7	24,1	15,9	9,8	0,016	0,22	4,3	0,16	1,3	0,42

Código	Condutividade	pH	Temp.	STD	Alcalinidade	HCO3	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Al	Zn	Cloretos	Fluoretos	Sulfatos	NO3
SASG26	221,4	6,64	17	163	71		0,076	0,049	23,79	15,94	22	1,5	ND	0,211	7,41	0,16	ND	0,48
SASG27	159,1	6,4	19	143,2	22,7		0,05	ND	10,2	17,2	3,25	4,11	ND	0,05	8,29	0,12	ND	1,12
SASG28	147,5	7,01	20,3	132,75	40,1		0,14	0,05	17,65	33,25	25,19	17,56	0,05	0,5	70,7	0,16	37,1	1,56
SASG31	146,4	6,92	19,5	95,1	62,4		ND	ND	11,9	24,2	2,19	6,25	0,01	0,17	7,2	0,14	1,1	0,95
SASG32	163,8	7,04	22,9	102,6	34,8		0,11	ND	12,4	27,6	22,4	16,2	ND	0,05	32,5	0,16	14,2	0,63
SASG33	341	6,42		241	42		0,011	0,032	10,2	62,41	43	4	0,06	0,334	54,12	0,13	1,16	4,41
SASG34	253	7,35	21,3	227,7	28,8		0,1	ND	11,2	20,4	19,2	12,6	ND	0,07	10,4	0,12	ND	1,47
SASG35	118,3	6,3	17,3	106,5	14,2		0,05	ND	9	10,5	9,4	4,6	ND	0,1	7,1	0,14	ND	0,95
SASG36	73,7	6,3	19,5	66,3	14,2		0,05	ND	9,2	11,4	10,2	6,1	0,02	0,08	7,2	0,12	ND	0,87
SASG37	117,4	7,05	20,7	105,6	11,3		0,12	<0,01	9,3	14,6	7,9	6,4	0,01	0,1	5,1	0,1	2,7	1,25

## GEO 03015 – PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

<b>Título da Monografia: CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL (SASG) NA REGIÃO DE GARIBALDI, RS</b>	
<b>Autor: MATHEUS GORNISKI FRENZEL</b>	
<b>Orientador(es): Prof. Dr. Pedro A. R. Reginato</b>	
<b>Nota final (1 até 10):</b> 9 (Nove)	
<b>Examinador: Prof. Marcos I. Leão</b>	<b>Data:</b>

		Sim	Não	Em parte
1	O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia?	X		
2	O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia?	X		
3	As ilustrações são úteis e adequadas?	X		
4	O manuscrito apresenta estrutura organizada?	X		
5	A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia?	X		
6	Os materiais e métodos são descritos adequadamente?	X		
7	Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente?	X		
8	As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos?	X		
9	As referências são convenientes e usadas adequadamente?	X		
10	O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)?	X		

Página	Correções obrigatórias
18	Corrigir as unidades, deve ser km <sup>2</sup> e km <sup>3</sup>
48	No parágrafo abaixo da Figura 12. Deve ser Tabela 3.
52	Gráfico 4 – qual o significado de (hra:min).
54	Segundo parágrafo: Tabela 4, não Tabela 5
55	Do gráfico 6 até o Gráfico 11, inserir o n° de poços no gráfico.
63	Gráfico 13 Explicar melhor este gráfico.
66	Gráfico 14 – colocar o n° de poços
68	Gráficos 16 e 17 – colocar o n° de poços





