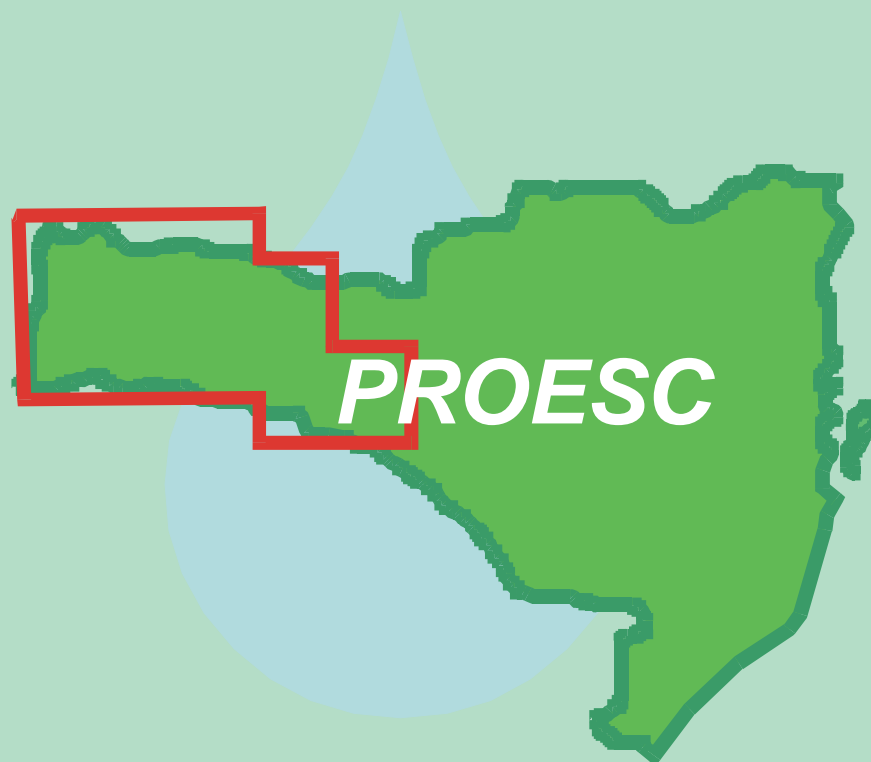


# PROJETO OESTE DE SANTA CATARINA

## DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO OESTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA



República Federativa do Brasil  
Ministério de Minas e Energia  
Secretaria de Minas e Metalurgia  
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
CPRM  
Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Governo do Estado de Santa Catarina  
Secretaria de Estado do Desenvolvimento  
Urbano e Meio Ambiente - SDM  
Gerência de Recursos Hídricos  
Secretaria de Estado do Desenvolvimento  
Rural e Agricultura - SDA  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI

## **Convênio CPRM / Governo do Estado de Santa Catarina**

### **DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DO OESTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA PROJETO OESTE DE SANTA CATARINA**



Organizado por  
*Marcos Alexandre de Freitas*  
*Bráulio Robério Caye*  
*José Luiz Flores Machado*

Execução  
CPRM - Serviço Geológico do Brasil  
Superintendência Regional de Porto Alegre  
Dezembro 2002

---

## EQUIPE TÉCNICA

*ANTONIO PIERINO GUGLIOTTA*  
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial-GEHITE

*RICARDO DA CUNHA LOPES*  
Gerente de Geologia e Recursos Minerais-GEREMI

*WILSON WILDNER*  
Supervisor de Geologia

*MARCOS ALEXANDRE DE FREITAS*  
Geólogo Chefe do Projeto

*LUÍS EDMUNDO GIFFONI*  
Editoração

*Geólogo Marcos Alexandre de Freitas*  
*Geólogo Bráulio Robério Caye*  
*Geólogo José Luiz Flores Machado*  
*Geólogo Alfeu Levy da Silva Caldasso*  
*Geólogo Adalberto de Abreu Dias*

*Engº. Agrônomo Guilherme Xavier de Miranda*  
*Júnior (SDM-SC)*  
*Engº Hidrólogo Sérgio Candido Passaglia*

*Téc. Prospecção Paulo Rogério Ribeiro da Silva*  
*Téc. Prospecção José Arcinei Bardini*

*Gualtério Souto Cássia*  
Digitação

## CRÉDITOS DE AUTORIA

Capítulos 1 e 2 Marcos Alexandre de Freitas e Bráulio R. Caye  
Capítulo 3 Alfeu Levy da Siva Caldasso, Antonio P. Viero e Marcos Alexandre de Freitas  
Capítulo 4 Guilherme Xavier de Miranda Júnior  
Capítulo 5 Marcos Alexandre de Freitas  
Capítulo 6 José Luiz Flores Machado  
Capítulo 7 Marcos Alexandre de Freitas  
Capítulo 8 Marcos Alexandre de Freitas

## Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina

*Berenice Martins da Silva*  
Diretora de Recursos Naturais e Gestão Ambiental

*Rui Batista Antunes*  
Gerente de Gestão de Recursos Hídricos

### Ficha Catalográfica

F879 Freitas, Marcos A., Org.  
Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina - Projeto Oeste de Santa Catarina / Organizado por Marcos A. de Freitas; Bráulio R. Caye; José L. F. Machado. Porto Alegre: C-PRM/SDM-SC/SDA-SC/EPAGRI. 2002.  
100 p.

I. Caye; Bráulio R. (Org.)  
II. Machado, José L. F. (Org.)  
III - Título  
1. Hidrogeologia – Santa Catarina

CDU. 556 (816-4)

---

## Apresentação

---

A região oeste do Estado de Santa Catarina, cuja economia e desenvolvimento social são calcados principalmente na agroindústria, depende fundamentalmente dos recursos hídricos para a sua existência. A intensa atividade agropecuária, que fora realizada de maneira pouco sustentável nestes últimos sessenta anos, resultou na contaminação dos mananciais superficiais principalmente por dejetos de suínos e agrotóxicos. A degradação das águas superficiais e as freqüentes estiagens ocorridas nos últimos anos na região deram início a uma crescente corrida em busca das águas subterrâneas. Os governos federal e estadual vêm promovendo entre outras medidas emergenciais, programas de perfuração de poços visando aumentar a oferta de água para a população. No entanto, o desconhecimento da hidrogeologia da região tem causado uma série de problemas dentre os quais, o alto percentual de poços secos, a superexploração e conseqüente esgotamento de aquíferos, além de indícios de contaminação bacteriológica em algumas cidades.

O Serviço Geológico do Brasil - CPRM e o Governo do Estado de Santa Catarina, através da SDM e EPAGRI, sabedores dessa realidade conceberam o Projeto Oeste de Santa Catarina - PROESC com o intuito de preencher esta lacuna de conhecimento sobre as águas subterrâneas do oeste catarinense. O principal objetivo deste projeto é avaliar a situação dos recursos hídricos subterrâneos da região, destacando suas condições geológicas e hidrogeológicas, potencialidade, qualidade físico-química das águas subterrâneas e aspectos construtivos dos poços tubulares. Para atingir tal meta foram realizados, no período entre 1998 e 2002, estudos multidisciplinares de mapeamento geológico, cadastramento de poços tubulares, estudos hidrológicos, climatológicos e hidroquímicos.

As informações sintetizadas neste relatório acham-se disponibilizadas em mídia magnética ("CD-ROM") contendo este próprio relatório e os 16 mapas que o integram, em formato Acrobat (".pdf"), além do banco de dados integral em formato Access (".mdb").

A CPRM e o Governo de Santa Catarina acreditam que os resultados deste Projeto constituirão subsídio técnico indispensável para a gestão racional dos recursos hídricos subterrâneos desta rica e importante região.

---

## **Agradecimentos**

---

Agradecemos à Companhia Integrada do Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina - CIDASC, à Companhia Catarinense de Água e Saneamento - CASAN, ao Departamento Nacional de Produção Mineral -11º Distrito e às empresas de perfuração de poços Leão Poços e IMPAGROSS, pela colaboração no fornecimento de boletins de dados de poços; aos geólogos Mariano Smaniotto, Leonir Benincá, Custódio Crippa pela interação e troca de experiências sobre a hidrogeologia da região; ao Programa Iberê; aos extensionistas e funcionários da E-PAGRI e às prefeituras municipais que auxiliaram na obtenção de informações e nos trabalhos de cadastramento de poços.

---

## Sumário

---

Resumo .....	i
1 - Considerações Iniciais .....	1
1.1 - Introdução .....	1
1.2 - Metodologia e Equipes .....	1
2 - Aspectos Gerais da Área .....	4
2.1 - Histórico .....	4
2.2 - População .....	4
2.3 - Meio Ambiente e as Águas Subterrâneas .....	4
3 - Geologia .....	6
3.1 - Generalidades .....	6
3.2 - Estratigrafia .....	7
3.2.1 - Critérios da Subdivisão Estratigráfica .....	7
3.2.1.1 - Seqüência Inferior .....	8
3.2.1.1.1 - Basaltos Alto Uruguai .....	10
3.2.1.1.2 - Dacitos Machadinho .....	11
3.2.1.1.3 - Basaltos Campos Novos .....	12
3.2.1.2 - Seqüência Intermediária .....	12
3.2.1.2.1 - Ácidas Palmas/Caxias .....	12
3.2.1.2.2 - Ácidas Chapecó .....	14
3.2.1.3 - Seqüência Superior .....	15
3.2.1.3.1 - Basaltos Cordilheira Alta .....	16
3.2.1.3.2 - Basaltos Campo Erê .....	18
3.2.1.4 - Depósitos Aluvionares Atuais .....	19
3.3 - Geologia Estrutural .....	19
3.3.1 - Arcabouço Estrutural da Bacia do Paraná .....	19
3.3.2 - Análise de Lineamentos .....	21
4 - Hidrologia e Climatologia .....	26
4.1 - Caracterização das Regiões Hidrográficas .....	26
4.1.1 - Cobertura Vegetal .....	28
4.2 - Classificação Climatológica da Região .....	30
4.2.1 - Variação Mensal das Temperaturas .....	30
4.2.2 - Precipitação Pluviométrica .....	37
4.2.3 - Balanço Hídrico .....	39
4.3 - Vazão Específica dos Rios .....	51
5 - Hidrogeologia .....	54
5.1 - Introdução .....	54
5.2 - Sistemas Aquíferos .....	54
5.2.1 - Aquíferos Porosos (Aquífero Guarani) .....	57
5.2.2 - Aquífero Fraturado (Serra Geral) .....	62
5.2.2.1 - Domínio Hidrogeológico - a1 .....	64
5.2.2.2 - Domínio Hidrogeológico - a2 .....	64
5.2.2.3 - Domínio Hidrogeológico - a3 .....	65
5.2.2.4 - Domínio Hidrogeológico - a4 .....	65
5.2.2.5 - Domínio Hidrogeológico - b1 .....	65
5.2.2.6 - Domínio Hidrogeológico - b2 .....	65
5.2.2.7 - Domínio Hidrogeológico - c .....	66
5.2.3 - Poços Tubulares .....	66
5.2.3.1 - Profundidade e Entrada d'Água .....	66
5.2.3.2 - Vazões .....	67
5.2.4 - Captações de Fontes .....	67

---

---

6 - Qualidade das Águas Subterrâneas .....	70
6.1 - Introdução .....	70
6.2 - Métodos de Análise Laboratorial .....	70
6.3 - Aquíferos Fraturados .....	70
6.3.1 - Tipos Geoquímicos das Águas .....	70
6.3.2 - Características Químicas das Águas .....	72
6.4 - Aquíferos Porosos .....	73
6.4.1 - Tipos Geoquímicos das Águas .....	73
6.4.2 - Características Químicas das Águas .....	73
6.5 - Adequabilidade de Uso das Águas .....	74
6.5.1 - Aquíferos Fraturados .....	74
6.5.1.1 - Potabilidade .....	74
6.5.1.2 - Irrigação .....	77
6.5.2 - Aquíferos Porosos .....	77
6.5.2.1 - Potabilidade .....	77
6.5.2.2 - Irrigação .....	77
6.6 - Evolução das Águas Subterrâneas no Oeste Catarinense .....	77
6.6.1 - Aquíferos Fraturados .....	77
6.6.2 - Aquíferos Porosos .....	79
7. Conclusões .....	80
8. Recomendações .....	83
9. Referências Bibliográficas .....	84
<b>ANEXOS</b> .....	89
<b>Tabela VI</b> - Pontos d'água cadastrados por município .....	91
<b>Tabela VII</b> - Análises físico-químicas .....	95
<b>Mapas geológicos na escala 1:250.000:</b>	
– folha SG-22-Y-A	
– folha SG-22-Y-B	
– folha SG-22-Y-C	
– folha SG-22-Y-D	
<b>Mapas de Produtividade de Poços Tubulares no Aquífero Fraturado Serra Geral na escala 1:250.000:</b>	
– folha SG-22-Y-A	
– folha SG-22-Y-B	
– folha SG-22-Y-C	
– folha SG-22-Y-D;	
<b>Mapas hidroquímicos na escala 1:250.000:</b>	
– folha SG-22-Y-A	
– folha SG-22-Y-B	
– folha SG-22-Y-C	
– folha SG-22-Y-D;	
<b>Mapa de Domínios Hidrogeológicos, na escala 1:500.000</b>	
<b>Mapa Climatológico, na escala 1:500.000</b>	
<b>Mapa de Precipitação Média Mensal, na escala 1:500.000</b>	
<b>Mapa de Vazão Média Mensal Específica, na escala 1:500.000</b>	

---

Este texto explicativo, integrante do Projeto Oeste de Santa Catarina - PROESC, convênio entre CPRM - Serviço Geológico do Brasil e Governo do Estado de Santa Catarina (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente e Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina), contém os resultados dos levantamentos geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos, hidroquímicos e do cadastramento de pontos de captação de água subterrânea, de uma área de 22.500 km<sup>2</sup> equivalente às regiões Hidrográficas do Extremo Oeste, do Meio Oeste e parte da Região Hidrográfica do Rio do Peixe.

Os mapas geológicos, de produtividade de poços e hidroquímico anexos ao texto explicativo, apresentam informações compatíveis com a escala 1:250.000, o mapa dos domínios hidrogeológicos e os mapas referentes aos estudos hidrológicos-climatológicos, também em anexo, foram elaborados na escala 1:500.000.

Na área estudada foram caracterizados e cartografadas sete unidades litoestratigráficas relacionadas ao magmatismo Serra Geral da Bacia do Paraná: Basaltos Alto Uruguai, Dacitos Machadinho, Basaltos Campos Novos, Ácidas Palmas/Caxias, Ácidas Chapecó, Basaltos Cordilheira Alta e Basaltos Campo-Erê. Também foi levantada uma série de ocorrências minerais nesta seqüência vulcânica.

Foram cadastrados 2.729 poços tubulares, 101 captações de fontes e 12 poços escavados, totalizando 2839 pontos d' água. O aquífero mais utilizado e mais importante para a região, devido a sua acessibilidade e baixo custo de captação, é o Aquífero Fraturado Serra Geral, que supre satisfatoriamente as comunidades rurais, indústrias e até sedes de pequenos municípios. Os poços construídos neste sistema aquífero apresentam profundidades máximas de 310 metros e média de 117 metros, com 70,3 % das entradas d'água entre 100 e 150 metros, e vazão média de 7,7 m<sup>3</sup>/h.

Os principais contribuintes para o armazenamento e circulação de água subterrânea nas rochas vulcânicas da região decorrem de fatores de ordem litológica, geomorfológica, e estrutural. Em geral a melhor situação para a ocorrência de água subterrânea se dá quando há vários pequenos derrames empilhados, separados por autobrechas e arenitos intertrápicos, interceptados por fraturas tectônicas, em terrenos de topografia suavizada e pouco dissecada. As piores condições de ocorrência de água subterrânea dão-se em terrenos declivosos e dissecados, com derrames bastante espessos e maciços.

A região foi separada em sete domínios hidrogeológicos conforme seu potencial para ocorrência de água subterrânea. Nas áreas de baixo potencial não devem ser perfurados poços tubulares, preferindo-se buscar alternativas como a proteção de fontes.

O aquífero poroso (Guarani) representa a principal reserva estratégica de água subterrânea, com grande potencialidade para o aproveitamento turístico e industrial devido as suas condições geotérmicas.

Os resultados de 183 análises físico-químicas de águas subterrâneas na região indicam que um pequeno número de poços e fontes apresentaram problemas relacionados com a potabilidade e para o uso industrial. Do ponto de vista físico-químico e químico, as águas captadas dos poços nos aquíferos fraturados apresentam boa qualidade, no entanto merecem maiores cuidados quanto a sua preservação. Apesar das condições ambientais adversas a que os aquíferos fraturados estão sujeitos na região, os problemas relacionados com contaminação deste recurso hídrico ainda são muito incipientes e localizados, geralmente relacionados a poços mal construídos ou abandonados. Nenhum poço amostrado apresentou poluição por nitratos, sendo que o valor máximo foi de 1,10 mg/l (NO<sub>3</sub>-N).



---

Nas captações através de poços é importante frisar que devem ser isoladas as primeiras entradas d' água, mais suscetíveis às influências externas. Nos poços em que os revestimentos apresentam comprimentos menores que 20 metros existe uma maior percentagem de ocorrência de coliformes totais e fecais.

Os estudos hidroquímicos revelaram a presença de águas bicarbonatadas sódicas, bicarbonatas cálcicas-magnesianas, sulfatadas e cloretadas. As águas bicarbonatadas do tipo sódico apresentam características muito similares às águas encontradas no Aqüífero Guarani. Destacam-se por apresentar valores de pH alcalinos, baixa dureza e sólidos totais dissolvidos com valores que sugerem mistura com águas provenientes de áreas de potenciometria mais elevada do aqüífero subjacente.

As águas do Aqüífero Guarani, apesar de possuírem baixos teores de flúor, apresentam restrições à potabilidade, principalmente devido ao conteúdo de sólidos totais dissolvidos. Suas águas geralmente muito salinas e fortemente sódicas também são inadequadas para a irrigação.



---

# 1 - Considerações Iniciais

## 1.1 - Introdução

O Projeto Oeste de Santa Catarina (PROESC) foi concebido para ser executado em cooperação entre a CPRM-Serviço Geológico do Brasil e o Governo do Estado de Santa Catarina, através da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente-SDM e da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura-SDA, com interveniência da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina-EPAGRI. As tratativas iniciais entre os representantes da CPRM e do Governo do Estado de Santa Catarina culminaram em 11/03/1996 com a elaboração de um convênio que, em linhas gerais, definiu os objetivos, metodologias, área de atuação, prazos, utilização de pessoal e estimativa de custos para a execução do projeto.

Este projeto surgiu a partir da necessidade de se implementar medidas, face à deficiência da qualidade e quantidade de água para satisfazer as necessidades da população e da pujante agroindústria da região oeste do Estado. Embora, de modo geral, o oeste catarinense seja bem servido em seus recursos hídricos superficiais, as variações climáticas aliadas às atividades agropecuárias (desmatamento, erosão, assoreamento dos rios, contaminação dos mananciais superficiais por dejetos de suínos e agrotóxicos), contribuem para freqüentes períodos de intensa escassez de água, levando certas regiões ao caos. Para satisfazer as exigências das comunidades e das modernas instalações agroindustriais (aviários, pocilgas, abatedouros, etc.) fez-se necessário o aproveitamento das águas subterrâneas, por meio de poços tubulares, perfurados de maneira mais intensa desde a década de 80. No entanto, devido ao desconhecimento da hidrogeologia da região, a exploração deste recurso vem sendo feita de maneira aleatória, sem o rigor técnico e científico necessário, muitas vezes comprometendo a qualidade e quantidade das águas subterrâneas na região.

O principal objetivo do Projeto Oes-

te de Santa Catarina é o diagnóstico da potencialidade dos recursos hídricos subterrâneos da região oeste catarinense, visando um conhecimento mais aprofundado das condições que regem a acumulação das águas subterrâneas, que aliado a uma política inteligente de aproveitamento, com certeza contribuirá para a melhoria das condições de abastecimento de água na região e facilitará o processo de gestão dos seus recursos hídricos subterrâneos.

O estudo abrange uma área continental de 22.500 km<sup>2</sup> (23,56% da superfície territorial do Estado), escolhida em função da maior carência de água potável, abrangendo totalmente a Região Hidrográfica do Extremo Oeste (RH1), a quase totalidade da Região Hidrográfica do Meio Oeste (RH2) e cerca de 60 % da Região Hidrográfica do Rio do Peixe (RH3), entre os Estados do Paraná, Rio Grande do Sul e a República Oriental da Argentina e oeste das cidades de Campos Novos e Hercíliopolis (Figura 1).

## 1.2 - Metodologia e Equipes

Para avaliar a situação dos recursos hídricos subterrâneos da região oeste catarinense, foram realizados estudos multidisciplinares de Mapeamento Geológico, Cadastramento de Poços Tubulares, Estudos Hidrológicos, Climatológicos e Hidroquímicos. As atividades do projeto concentraram-se basicamente no estudo das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, aquífero dominante na região e exclusivo para profundidades menores de 400 metros, de onde é extraída a maior parte das águas de subsuperfície utilizadas. Para entendimento desse aquífero foram realizados mapeamento geológico e geomorfológico e o cadastramento de 2839 pontos de água, bem como 183 análises físico-químicas completas das águas subterrâneas.

Os trabalhos tiveram início em março de 1998, com uma viagem de reconhecimento de campo, realizada pelos geólogos Alfeu Levy da Silva Caldasso e Marcos Alexandre de Freitas, da CPRM,

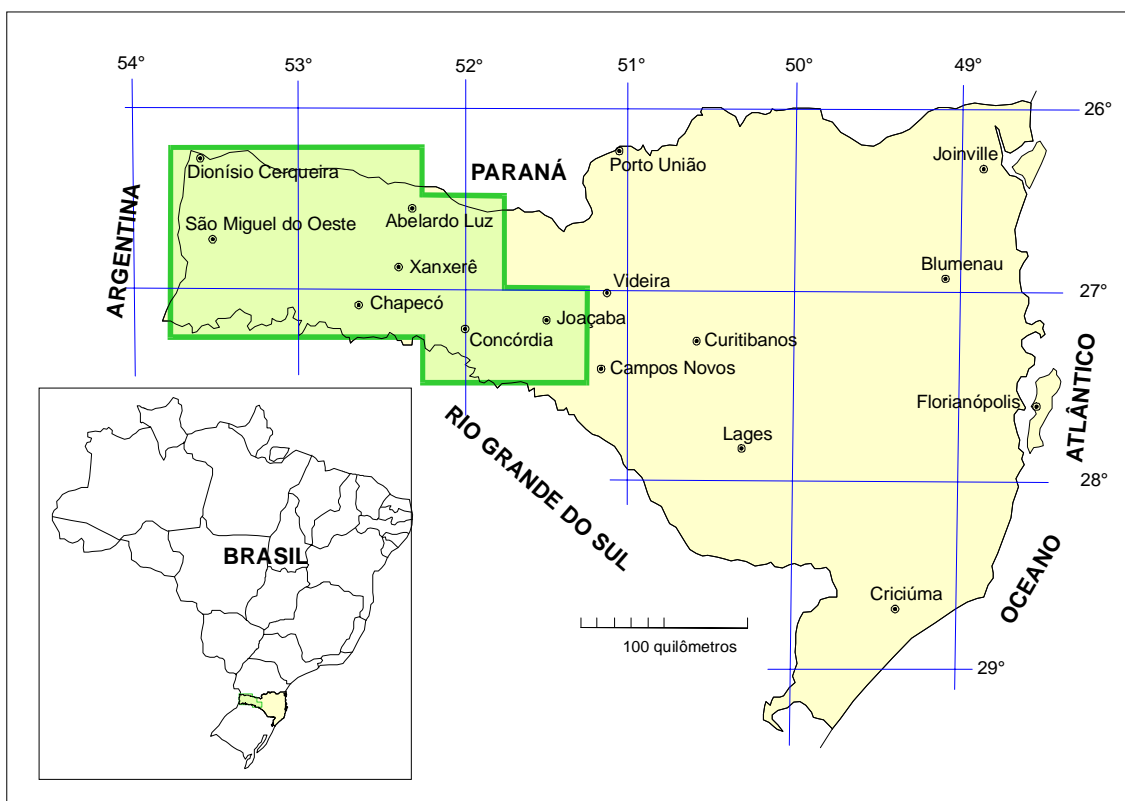
após reunião mantida em Florianópolis com os geólogos representantes do Governo de Santa Catarina, para discussão de metodologias, entrosamento de equipes e obtenção de dados e materiais cartográficos.

Após o reconhecimento de campo de 15 dias, deu-se início ao mapeamento geológico e ao cadastro de pontos d'água. O mapeamento geológico/geomorfológico, foi iniciado na escala 1:100.000, dentro dos procedimentos normais de visitas aos afloramentos, através de perfis e seções geológicas, com a coleta de amostras para análises.

Na primeira fase do mapeamento (escala de serviço 1:100.000) participaram os geólogos Alfeu Levy da Silva Caldaso, Adalberto de Abreu Dias e Olinto Gabriel Lovato, pela CPRM, e os geólogos Mario V.

Alano e Cícero Bortoluzzi, pela SDM – Governo do Estado de Santa Catarina.

Os trabalhos de cadastramento de poços foram iniciados, também, na porção leste da área, pelos geólogos Marcos Alexandre Freitas, Eugênio Casemiro Szubert e Olinto Gabriel Lovato e pelos técnicos de prospecção Paulo Rogério R. da Silva, José Arcinei Bardini, Ari do Carmo Demo, Edegar dos Santos Dias, Odilon Correa e Heraldo Guidugli Machado, da CPRM, acompanhados, eventualmente, pelos geólogos Mario V. Alano e Eduardo Scangarelli da SDM de Santa Catarina. Participaram dando apoio temporário ao cadastramento de pontos d'água a equipe do Projeto SI-AGAS da CPRM composta pelo geólogo Roque Mauro Eckert e o assistente executivo Vilson Tebruski.



**Figura 1** - Mapa de localização da área do Projeto.

As empresas construtoras de poços tubulares Impagross e Leão Poços, a Cia Integrada do Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina - CIDASC, a Companhia Catarinense de Água e Saneamento - CASAN e o Departamento Nacional de Produção Mineral - 11º Distrito, forneceram gentilmente as informações e boletins de poços tubulares perfurados na região, imprescindíveis para a realização do projeto.

Na segunda fase, na qual os trabalhos de mapeamento geológico foram estendidos para oeste da área, na escala 1:250.000, foi executada pelo geólogo Alfeu Levy da Silva Caldasso, com a participação, em tempo parcial, do Doutor Antonio Pedro Viero, Professor do Instituto de Geociências da UFRGS.

Na continuidade dos trabalhos de cadastro de pontos d'água participaram os geólogos Marcos Alexandre Freitas e Bráulio Robério Caye, auxiliados por Paulo Rogério R. da Silva e José Arcinei Bardini, da CPRM. Cabe ressaltar que na maioria dos municípios visitados, as prefeituras gentilmente colocaram pessoal à disposição para auxiliar no cadastramento de poços. Da mesma forma os escritórios locais da EPAGRI também colaboraram com o levantamento.

Os estudos hidrológicos e climatológicos foram realizados pelo engº hidrólogo Sergio Candido Passaglia e o engº agrônomo Guilherme Xavier de Miranda Júnior. O estudo hidroquímico e de qualidade das águas foi executado pelo geólogo José Luiz Flores Machado.

Colaboraram com as atividades de escritório do projeto, realizadas na CPRM em Porto Alegre, os geólogos Douglas Roberto Trainini; Geraldo Pimentel, Mauro Rodrigues Reis, Ana Cláudia Viero e José Eduardo do Amaral, o Técnico de Cartografia Luiz Carlos De Godoy e o estagiário de geologia Errol Gaspar dos Santos.

O Projeto também destacou os aspectos relativos aos poços de água, como suas características construtivas, produtividades, métodos de perfuração, vazões, aquíferos captados e usos da água, forne-

cendo diretrizes gerais para projetos e construções de novos poços tubulares. Tais estudos resultaram em uma publicação lançada em dezembro de 2001 intitulada "CAPTAÇÕES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO OESTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA" que se encontra disponível na CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre e na SDM em Florianópolis.

As seguintes cartas temáticas acompanham o relatório técnico do PRO-ESC:

- Mapa geológico na escala 1:250.000 – folhas SG-22-Y-A, SG-22-Y-B, SG-22-Y-C e SG-22-Y-D;
- Mapa dos Domínios hidrogeológicos na escala 1:500.000;
- Mapa de produtividade de poços tubulares no Aquífero Fraturado Serra Geral na escala 1:250.000 – folhas SG-22-Y-A, SG-22-Y-B, SG-22-Y-C e SG-22-Y-D;
- Mapa Climatológico, Precipitação e Vazões Específicas na escala 1:500.000;
- Mapa Hidroquímico na escala 1:250.000 – folhas SG-22-Y-A, SG-22-Y-B, SG-22-Y-C e SG-22-Y-D;

Os anexos também contêm as tabelas de pontos d'água cadastrados nos 110 municípios da região e os resultados das 183 análises físico-químicas das águas subterrâneas realizadas durante o projeto.

O cadastramento dos pontos d'água deste trabalho resultou num banco de dados contendo 86 campos de informação relativas a 2.839 pontos. O total de pontos d'água compreende 2.726 poços tubulares, 101 captações de fontes e 12 poços escavados.

Este relatório disponibiliza ao poder público, empresários, profissionais do setor e comunidades em geral, um excelente instrumento para o planejamento e execução de uma política de gerenciamento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos do oeste catarinense.

---

## 2 - Aspectos Gerais da Área

### 2.1 - Histórico

A região Oeste Catarinense teve sua colonização iniciada na década de 20 e a partir de 1940, as atividades de agropecuária e agroindústria, baseadas na pequena propriedade agrícola familiar diversificada, incrementaram o processo de colonização da região. Esta colonização ocorreu através da recepção do excedente populacional da "colônia velha" do Rio Grande do Sul e de outras regiões de Santa Catarina; da colonização de origem italiana e alemã, em sua maioria com tradição na policultura e criação de animais domésticos (suínos, aves e bovinos); e da colonização privada, em unidades chamadas "colônias", com áreas de 24,2 hectares.

As principais explorações agropecuárias começaram com a suinocultura, avicultura, milho, feijão, soja e consolidaram-se com a bovinocultura de leite, citricultura, erva-mate e piscicultura, e por outras alternativas propostas, como a olericultura, fruticultura e a silvicultura, entre outras. Com a criação do complexo agroindustrial houve melhorias no bem-estar dos agricultores e seus familiares, especialmente no que diz respeito à criação de oportunidades de trabalho principalmente na indústria e na agricultura.

### 2.2 - População

A população total da região está estimada em mais de 1,1 milhão de habitantes, dos quais meio milhão vive no meio rural. Geralmente as condições naturais são adversas, como por exemplo, a presença em quase toda a área de solos rasos, vermelhos e pedregosos situados em áreas declivosas, típicas do planalto sul-brasileiro, das quais depende toda a sobrevivência dos seus habitantes.

### 2.3 - Meio Ambiente e as Águas Subterrâneas

A ocupação da região oeste catarinense, realizada de maneira não sustentável, trouxe inúmeros problemas como alto grau de desmatamento, erosão do solo,

assoreamento dos cursos d'água, uso intenso e não planejado de dejetos de suínos, utilização de agrotóxicos, falta de tratamento de esgoto nas cidades, disposição inadequada do lixo e efluentes industriais. Tais problemas refletiram diretamente na quantidade e principalmente na qualidade das águas superficiais da região. A demanda de água por sua vez aumentou e a água subterrânea passou a ser a alternativa, acarretando um grande crescimento no número de perfurações de poços tubulares. Hoje o desenvolvimento econômico e social da região depende fundamentalmente do recurso hídrico subterrâneo.

A diminuição na disponibilidade dos recursos hídricos superficiais levou os grandes consumidores individuais, que muitas vezes não podem ficar um dia sequer sem grandes volumes de água, a buscarem nos recursos hídricos subterrâneos a solução para seus problemas de abastecimento. Desta maneira, as águas subterrâneas passaram a assumir o papel alternativo às águas poluídas dos rios e açudes, gerando uma crescente corrida pela perfuração de poços tubulares na região.

Atualmente a demanda de água para abastecimento público, tanto para o meio rural quanto urbano, é atendida na região através de mananciais superficiais e subterrâneos.

O meio rural tem alto potencial de consumo d' água principalmente na criação de suínos, aves e na piscicultura e atende sua demanda através de poços tubulares de até 300 m, comunitários ou individuais, ou através do aproveitamento de fontes naturais.

Nas áreas urbanas o maior consumo relaciona-se ao abastecimento público e industrial. A Companhia de Água e Saneamento de Santa Catarina-CASAN abastece vários municípios com água subterrânea. Os grandes frigoríficos, maiores consumidores de água, geralmente utilizam no seu processo industrial águas superficiais (rios e açudes) e complementam seu abastecimento com poços tubulares.

Outro freqüente uso das águas subterrâneas na região do oeste catarinense consiste nas estâncias hidrominerais termiais. Estas águas ocorrem localmente e possuem características minerais e temperatura que possibilitam tal uso. Os balneários mais conhecidos, e de maior importância, são: o Balneário de Piratuba e o da Estância das Águas Quentes, em Chapecó, onde a água é extraída do Aquífero Guarani e atinge temperaturas de até 42° C; Águas de Pratas em São Carlos, Ilha Redonda em Palmitos, Águas de Chapecó e Quilombo, cujas águas atingem em média 38 °C, são captadas no Aquífero Fraturado Serra Geral e estão relacionadas com fraturas profundas.

O abastecimento por poços criou a idéia de que este garante um suprimento de água de boa qualidade, aparentemente imune a todo processo de degradação ambiental que vem ocorrendo na superfície. Na verdade para isso acontecer as construções dos poços devem ser bem realizadas e encaradas como obra de engenharia hidrogeológica e o uso dos poços deve ser bem planejado. No entanto, verificou-se durante os trabalhos de campo do Projeto vários problemas relativos a poços mal construídos (fora de normas e sem responsabilidade técnica) e o abandono de

poços secos, que se constituem em fontes de contaminação do subsolo e das águas subterrâneas.

Por quanto tempo o processo de degradação realizado na superfície (local da recarga dos aquíferos) pode continuar, sem afetar a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas? Esta questão é preocupante, pois sabe-se que o desmatamento, as práticas agrícolas intensas e a conseqüente compactação do solo, alteram as relações de escoamento superficial e infiltração prejudicando a recarga dos aquíferos. A utilização de dejetos de suínos na fertilização de lavouras e os agrotóxicos, constituem-se também em potenciais poluentes das águas superficiais e subterrâneas.

É necessário mudar a postura do setor público, dos grandes e pequenos usuários e da comunidade em geral, objetivando a integração participativa no âmbito das bacias e regiões hidrográficas, passando a encarar o potencial dos recursos hídricos subterrâneos, não somente como uma alternativa frente à degradação das águas superficiais, mas sim como um complemento a uma política de equilíbrio ambiental.

## 3 - Geologia

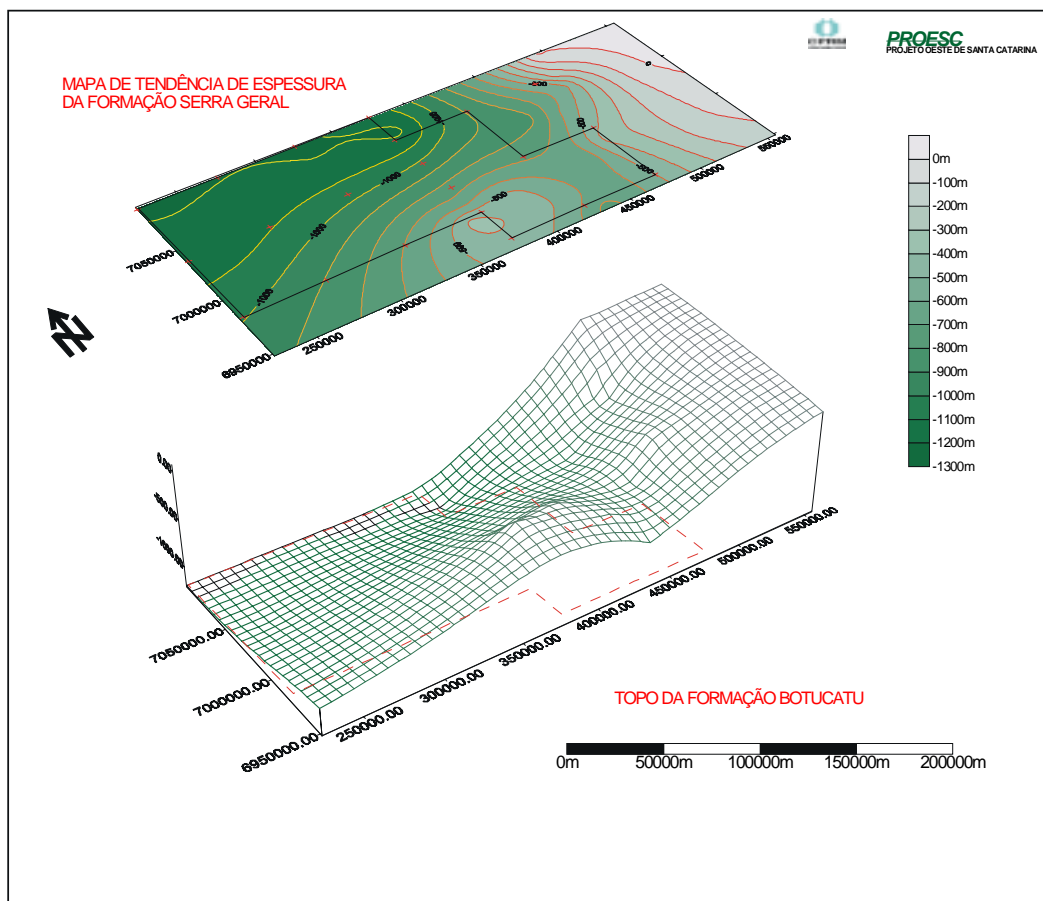
### 3.1 - Generalidades

O mapeamento geológico foi realizado inicialmente na escala 1:100.000, seguindo os procedimentos normais de visita a afloramentos, elaboração de perfis e seções geológicas e coleta de amostras para análises. No decorrer do Projeto foram descritas petrograficamente 158 lâminas delgadas e analisadas quimicamente (12 óxidos e elementos traços) 87 amostras de rocha.

Na primeira fase do mapeamento foram trabalhadas parcialmente as folhas Videira, Joaçaba, Concórdia, Hercíliopolis, Xanxerê, Xaxim, Chapecó e Pato Branco na escala 1:100.000. Numa segunda fase, os trabalhos de mapeamento foram estendidos para oeste, até a fronteira com a

Argentina, com nível de detalhe condizente com a escala 1:250.000.

A área trabalhada insere-se no domínio das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná. Corresponde à porção sul-sudeste da Bacia, situada entre os arcos de Ponta Grossa e de Rio Grande, coincidindo, em parte, com o depocentro da Bacia. O substrato do magmatismo Serra Geral está constituído por sedimentos das formações Botucatu e Rio do Rasto, aflorantes a leste na região de Lages, Santa Cecília e Porto União, com mergulho geral para W-SW. Este mostra-se irregular, conforme pode ser visto na **Figura 2**, construída com base nos dados de poços profundos realizados para pesquisa de hidrocarbonetos ou para captação de água.



**Figura 2** - Representação da tendência da espessura das rochas vulcânicas e da profundidade do topo da Formação Botucatu.



Nesta porção de bacia, não foram desenvolvidos trabalhos sistemáticos de cartografia geológica, com exceção do mapa de Szubert *et al.* (1979) em área restrita no extremo oeste de SC e RS. No mapa geológico do Estado de Santa Catarina, escala 1:500.000 (Silva & Bortoluzzi, 1986) aparecem apenas individualizados corpos de rochas ácidas em meio aos basaltos dominantes.

O trabalho de mapeamento de maior abrangência, em escala de reconhecimento (1:250.000) e ainda inédito, foi elaborado quando da realização de estudos para a PETROBRAS, com base na interpretação de imagens de Radar e de Satélite (Paiva Filho *et al.*, 1982). Uma condensação desse mapeamento aparece em escala reduzida, em Paiva Filho (1999). Neste trabalho aparecem individualizadas e nomeadas as seqüências ácidas (granófiros afíricos Palmas e Campos Novos e ácidas porfiríticas Chapecó), que ocupam a porção médio-superior da coluna de rochas vulcânicas dessa porção da Bacia do Paraná. Além dessas publicações, merecem destaque os trabalhos de Chies (1991) sobre a petrologia e litoquímica das seqüências vulcânicas de grande parte da porção central da área do projeto, e o de Philipp *et al.* (1994) sobre a petrologia do vulcanismo ácido da região de Campos Novos, em área imediatamente a leste da área ora trabalhada.

## 3.2 - Estratigrafia

### 3.2.1 - Critérios da Subdivisão Estratigráfica

O grande problema para a subdivisão estratigráfica deste pacote de rochas, que atinge 1.524 metros de espessura, registrada no poço 2-PE-1-SP em Presidente Epitácio-SP, em seu depocentro (Muhlmann *et al.*, 1974), reside na quase ausência de níveis-guia, com características mesoscópicas distintas e de expressiva continuidade lateral. Talvez por essa razão, a Formação Serra Geral, topônimo empregado originalmente por White (1908) e convertido em unidade litoestratigráfica formal (Almeida, 1964), não tenha sido até este momento subdividida. Neste relatório

mantém-se a denominação Serra Geral para todo o pacote de rochas vulcânicas e dos sedimentos "intertrâpicos" associados. Na subdivisão destas vulcânicas são empregados os termos já difundidos na bibliografia (como p. ex., ácidas tipo Chapecó, Palmas, etc.), embora sem conotação formal. Topônimos empregados na subdivisão em base litoquímica, tais como, basaltos tipo Esmeralda, Pitanga, etc., propostos originalmente por Peate *et al.* (1992) e utilizados por autores subseqüentes (Pró-Guaíba, 1998; Wildner & Lima, 1999), não serão adotados neste trabalho por entendermos que não caracterizam níveis estratigráficos de posicionamento bem definido, não apresentam características mesoscópicas distintas e nem repetição de um mesmo tipo químico ao longo da coluna vulcânica, assim como já abordado por Chies (1991).

As rochas vulcânicas da Bacia do Paraná são constituídas predominantemente por derrames basálticos, intercalando na porção médio-superior da coluna manifestações ácidas subordinadas (riolitos e riocacitos), em pelo menos dois níveis distintos. São reconhecidas ainda manifestações hipabissais na forma de diques e soleiras intrudidas nas rochas do embasamento cristalino e nos sedimentos gonduânicos subjacentes.

Neste trabalho a cartografia geológica foi baseada essencialmente em critérios litoestratigráficos, tomando-se por base horizontes-guia facilmente identificáveis no terreno, com topo e base bem definidos e de boa continuidade lateral em grande parte da área trabalhada. O ideal seria cartografar cada derrame individualmente, tal como foi realizado no nordeste dos Estados Unidos (Tolan, *et al.*, 1989); o que requer, entretanto, uma escala de mapeamento próxima a 1:50.000 (Szubert, 1979), fugindo ao escopo desse trabalho. Em face do tempo e recursos financeiros disponíveis, da extensão da área a ser mapeada e do próprio objetivo específico do projeto, optou-se por separar conjuntos de derrames com características próprias que permitam reconhecê-los e separá-los, pelo menos, em suas respectivas áreas de exposição. Um problema surge, todavia, pelo

fato de que os derrames individuais ou conjuntos de derrames não têm distribuição por toda a área mapeada, exigindo que se tome, arbitrariamente, como verdadeiro o sincronismo de unidades diversas e que ocorrem em regiões distintas da área estudada sem, no entanto, ter-se estabelecido com segurança a correlação estratigráfica entre elas.

O horizonte-guia que possui melhores condições para ser utilizado como referência está representado pela unidade ácida porfírica tipo Chapecó (Bellieni, *et al.*, 1985), que registra espessura média da ordem de 50 metros e se estende no sentido NNE-SSW ao longo de uma faixa com aproximadamente 75 quilômetros de largura desde a região da barragem de Passo Fundo e Nonoai, no Rio Grande do Sul, até Guarapuava no Paraná (Paiva Filho, 1999). Estas rochas, de composição riódacítica, aparecem nos locais de maior elevação topográfica, exibe regularidade geométrica ao longo de grande extensão areal e assenta-se sobre um nível de erosão bem caracterizado que, com significativa frequência, está associado a sedimentos arenosos (**Figura 3**). Os processos erosivos e os depósitos de sedimentos representam um importante hiato temporal ocorrido desde o derrame dos basaltos subjacentes até a erupção das rochas ácidas. No topo deste horizonte de referência, também ocorrem evidências de erosão e de novos depósitos arenosos, como observado em estudos anteriores (Paiva Filho, 1999).

Na porção nordeste da área (Folha Herciliópolis), ocorre outro horizonte-guia de fácil reconhecimento no terreno e de boa distribuição regional. Trata-se de um conjunto de unidades eruptivas de rochas vulcânicas ácidas afíricas (riolitos granofíricos), conhecidos na bibliografia como ácidas tipo Palmas. As rochas ácidas afíricas têm um posicionamento estratigráfico inferior ao das porfíricas tipo Chapecó, ocorrendo localmente sotopostas a estas, como na região de Campina da Alegria (Fábrica de Celulose Irani). Também aparecem sobre um nível de erosão com depósitos arenosos correlatos (**Figura 4**) e separam a seqüência de basaltos superior da inferior. Mais ao norte e em direção à cidade de

Palmas (PR), todavia, ocupam cotas iguais ou mais elevadas que as ácidas do tipo Chapecó, porém posições estratigráficas inferiores. Estas duas seqüências ácidas, de composição química e petrográfica distintas, registram uma posição intermediária na coluna vulcânica, constituindo um nível referencial estratigráfico que separa uma seqüência de basaltos superiores da espessa pilha heterogênea de basaltos inferiores. Assim, a coluna de rochas vulcânicas incidentes na área mapeada foi subdividida em três grandes seqüências: Inferior, Intermediária e Superior (**Figura 5**).

### 3.2.1.1 - Seqüência Inferior

Esta seqüência apresenta 3 unidades distintas pela composição petrográfica e química, denominadas: Basaltos Alto Uruguai, Dacitos Machadinho e Basaltos Campos Novos. Está assentada diretamente sobre os sedimentos da Formação Botucatu e, em alguns locais, diretamente sobre a Formação Rio do Rasto. O topo desse pacote situa-se imediatamente abaixo do horizonte de vulcânicas ácidas porfíricas tipo Chapecó e é caracterizado por um nível de erosão, sobre o qual depositaram-se, localmente, arenitos intertrápicos. Dados de poços profundos da PETROBRÁS (2-AL-1-SC em Abelardo Luz; 1-GO-1-SC em Jupia) permitem considerar uma espessura de até 850 metros para o conjunto de rochas dessa seqüência. Na área trabalhada, estima-se uma espessura aflorante de cerca de 400 metros apenas na porção superior, indicando que a metade inferior não aflora. A parte superior dessa unidade aflora somente na porção ESE da área no vale do Rio Uruguai, até as imediações de Caxambu do Sul e ao longo dos seus principais afluentes (Rio do Peixe e Jacutinga). Devido ao mergulho regional para SW, em geral superior ao declive do talvegue das drenagens, o topo dessa unidade aflora desde cotas superiores a 1.200 metros a leste (Iomerê-Treze Tilhas) até inferiores a 600 metros a oeste, nas calhas dos rios Uruguai e Chapecó, nas proximidades de Lageado Grande, Entre Rios e Caxambu do Sul, onde está coberta pelas rochas da seqüência intermediária e superior.



**Figura 3** - Horizonte guia representado pela superfície de hiato-erosão com deposição de arenitos, delimitando a base das rochas vulcânicas ácidas Chapecó (BR-480 entre Borman e Goio-en).



**Figura 4** - Horizonte guia relativo as rochas vulcânicas ácidas do Tipo Palmas, a nordeste da área na proximidade de Palmas-PR.

ERA PERÍODO	10 <sup>6</sup> anos	ESPESSURA MÁXIMA	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS MÉDIAS
CENOZÓICO QUATERNÁRIO	1,75	10 m	<b>Qf4</b> Depósitos aluvionares atuais- cascalhos, areias grossas a finas, inconsolidados, que preenchem as calhas dos rios e planícies de inundação.	
		65		
MESOZÓICO CRETÁCEO	65	150 m	<b>K1βce</b> Basaltos Campo Erê - basaltos intercalados com sedimentos epiclásticas finos, arenitos, conglomerados e brechas peperíticas.	SiO <sub>2</sub> - 50,9 a 53,4 % TiO <sub>2</sub> - 1,7 a 2,6 % Zr - 132 a 148 ppm
		400 m	<b>K1βca</b> Basaltos Cordilheira Alta - basaltos típicos com derrames espessos, por vezes vítreo e micro-vesicular, apresentando na porção basal da unidade arenitos "intertraps".	SiO <sub>2</sub> - 48,6 a 54,9 % TiO <sub>2</sub> - 2,6 a 3,7 % Zr - 182 a 303 ppm
		100 m	<b>K1αch</b> Ácidas Chapecó - dacitos, riodacitos e traquitos porfíricos assentados sobre arenitos "intertraps" e autobrechas.	SiO <sub>2</sub> - 63,6 % TiO <sub>2</sub> - 1,5 % Zr - 495 a 507 ppm
		175 m	<b>K1αcx</b> Ácidas Palmas/Caxias - riolitos e riodacitos afíricos com disjunção horizontal e feições de fluxo bem pronunciadas.	SiO <sub>2</sub> - 68,4 a 72,1 % TiO <sub>2</sub> - 0,71 a 0,78 % Zr - 291 a 355 ppm
		150 m	<b>K1βcn</b> Basaltos Campos Novos - basaltos e basaltos andesíticos constituídos por espessos derrames.	SiO <sub>2</sub> - 51,4 a 56,1 % TiO <sub>2</sub> - 1,5 a 1,9 % Zr - 116 a 152 ppm
		165 m	<b>K1αma</b> Dacitos Machadinho - dacitos afíricos com coloração cinza esverdeada, intercalando zonas amigdaloidais ricas em calcita.	SiO <sub>2</sub> - 66,3 a 70,7 % TiO <sub>2</sub> - 0,97 a 1,1 % Zr - 272 a 285 ppm
		300 m	<b>K1βur</b> Basaltos Alto Uruguai - basaltos típicos de derrames espessos com frequentes autobrechas no topo.	SiO <sub>2</sub> - 49,5 a 58,3 % TiO <sub>2</sub> - 0,81 a 1,5 % Zr - 91 a 161 ppm
	135			

Figura 5 - Coluna Geológica da área agrupando as rochas vulcânicas em seqüências.

### 3.2.1.1.1 - Basaltos Alto Uruguai

Esta unidade representa os basaltos aflorantes na base da coluna vulcânica. Somente a parte superior é aflorante na área, ao longo do vale do Rio Uruguai e de seus principais afluentes, como o Rio do Peixe. No topo, faz contato com os Dacitos Machadinho e, quando estes não ocorrem,

o contato é com os derrames da unidade Campos Novos, como à leste da área (Folha Joaçaba). Na porção oeste, na área das folhas Concórdia, Chapecó, Ponte Serrada e Xaxim, onde os derrames da unidade Campos Novos não ocorrem, os basaltos inferiores indivisos aparecem cobertos pelas Ácidas Chapecó.

Esta unidade inferior indivisa é constituída de derrames básicos que podem intercalar em sua parte superior, localmente, andesito-basaltos (Chies, 1991).

Nos perfis realizados ao longo das principais estradas foram visualizados em torno de dez derrames, que apresentam espessuras desde uma dezena até mais de 100 metros (p. ex. no vale do Rio do Peixe a oeste de Joaçaba), podendo ser considerada uma espessura média em torno de 40 metros. Mesoscopicamente são muito semelhantes, quanto à granulação, textura, cor e estrutura, diferindo apenas quanto às particularidades da zona vesicular e aos aspectos da alteração. Os derrames apresentam expressivo nível de autobrechas, de topo, junto à zona vesicular, com espessura que varia de decimétrica a mais de 20 metros. Outra característica, embora não generalizada, é a ocorrência de zeolitas na zona vesicular, além de variedades de sílica (quartzo, ametista, calcedônia, ágata) e calcita, preenchendo cavidades centimétricas a decimétricas. Quanto à alteração de rocha, costumam apresentar a típica esfoliação esferoidal, de coloração amarelo-avermelhada dominante.

Do ponto de vista geoquímico, os Basaltos Alto Uruguai possuem teores de  $\text{SiO}_2$  variando entre 49,5 e 58,3%, sendo constituídos predominantemente por basaltos, andesi-basaltos subordinados e raros andesitos com teores de  $\text{TiO}_2$  inferiores a 1,5%, o que permite enquadrá-los no grande grupo dos basaltos baixo titânio da Província Vulcânica da Bacia do Paraná. A sua composição química é marcada, ainda, por amplos intervalos no Número de magnésio ( $\text{Mg\#} = 100 \cdot \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{FeO})$ ) e das concentrações de MgO, cujos valores são os mais elevados do pacote vulcânico estudado, bem como por baixos teores de zircônio, bário e fósforo, o que é característico dos basaltos baixo titânio.

### 3.2.1.1.2 - Dacitos Machadinho

Os derrames dessa unidade restringe-se à porção ESE da área, estendendo-se em direção a Anita Garibaldi/SC e Barracão/RS (Philipp *et al.*, 1994). Em seção realizada a partir da ponte de Barracão

(rio Uruguai), na BR-470, até o topo do platô de Campos Novos, foram identificados quatro derrames ácidos, com espessura total de cerca de 100 metros, capeando derrames básicos da unidade Alto Uruguai e cobertos por, pelo menos, dois derrames de Basaltos Campos Novos. No furo estratigráfico de Machadinho (1-MA-1-RS), foram atravessados 165 metros de rochas ácidas, que constituem cinco unidades eruptivas distintas.

Estas rochas ácidas têm coloração cinza-esverdeada quando frescas, passando a coloração castanho-esverdeada até bordô, quando levemente alteradas. Apresentam zona vesicular com preenchimento parcial de calcita, pequenas drusas de quartzo/ametista, zeolitas e calcedônia. Essas rochas mostram-se bastante fraturadas, com mergulho de fraturas de até 30°. Em localidade próxima a Barracão, são registrados diques (ou "pipes") que provavelmente representam condutos alimentadores do vulcanismo ácido. A norte deste local essas ácidas se estendem em torno de Zortéa, desde Capinzal até a borda do platô (vale do rio Uruguai).

Os Dacitos Machadinho distinguem-se quimicamente das ácidas tipo Chapecó, constituindo um nível estratigráfico inferior a estas (cerca de 200 m abaixo) e correlacionam-se às ácidas africanas tipo Caxias/Palmas, no Rio Grande do Sul.

Petrograficamente constituem-se por dacitos hipocristalinos e afíricos formados essencialmente por vidro parcialmente cristalizado, perfaz de 60 a 70% do volume da rocha, 25 a 35% de plagioclásio, 2% de clinopiroxênios, quartzo residual que alcança proporções de até 2% e 1% de minerais opacos (principalmente magnetita).

Do ponto de vista geoquímico, a unidade em questão é constituída por Dacitos que contêm teores de sílica num intervalo estreito de 65 a 67%. Os teores de  $\text{TiO}_2$  são superiores aos da unidade Palmas, inferiores ao da unidade Chapecó e similares aos das ácidas do Rio Grande do Sul, aqui denominadas Tipo Caxias. A unidade Machadinho pode ser discriminada da unidade Palmas pelos menores conteúdos

de sílica e maiores de titânio (0,97 a 1,1 %) e das unidades Chapecó, pelos menores conteúdos de titânio, zircônio (272 a 285 ppm), estrôncio e bário e maiores de rubídio.

### 3.2.1.1.3 - Basaltos Campos Novos

Esta unidade aparece melhor representada na porção leste da área, exibindo na base um derrame basáltico de cor preta, criptocristalino a afanítico, com fraturas subconchoidais e alteração em blocos arredondados de capa amarelo-ocre característica. Este derrame estende-se desde as imediações de Concórdia (localidade de Santo Antônio) até Catanduvas, onde atinge espessura maior que 50 metros, sendo sobrepostos por 3 a 4 derrames de composição básico-intermediária (basaltos traquiandesíticos) de cor cinza-esverdeada que se torna mais clara quando alterados. Em observação mesoscópica, os basaltos Campos Novos assemelham-se às ácidas Machadinho, com as quais se confundem no campo, tendo sido todo o conjunto considerado por Philipp *et al.* (1994) como uma só unidade de composição ácida.

O termo Campos Novos foi empregado originalmente por Phillip *et al.* (1994) para rochas vulcânicas ácidas registradas em torno desta cidade. No entanto, foi verificado que as unidades ácidas têm distribuição mais restrita, com um posicionamento estratigráfico inferior. Os derrames cinza-escuros a cinza-esverdeados que ocorrem ao nível do platô de Campos Novos e em níveis superiores têm composição básica-intermediária (traqui-andesito basaltos).

A unidade Campos Novos, tal como agora considerada, ocupa o topo da seqüência Inferior, abaixo do nível das ácidas dos tipos Chapecó e Palmas, não tendo sido identificada na região de Palmas.

Sua composição mineralógica é: 70 % de plagioclásio, 25 % de clinopiroxênio (augita), 5 a 6 % de minerais opacos, mergulhados em um resíduo vítreo parcialmente recristalizado para quartzo, feldspato potássico micrográfico, e argilo-minerais, que perfaz aproximadamente 2% do volume da rocha.

Do ponto de vista geoquímico, esta unidade é constituída por basaltos e basaltos-andesíticos com teores de SiO<sub>2</sub> entre 51,4 a 56,1 %, TiO<sub>2</sub> inferiores a 2,0%, o que permite enquadrá-los no grande grupo dos basaltos baixo titânio da Província Vulcânica da Bacia do Paraná. A sua composição química é marcada, ainda, por intervalos relativamente estreitos de Número de magnésio ( $Mg\# = 100 \cdot MgO / (MgO + FeO)$ ) e das concentrações de MgO, cujos valores são os mais baixos do pacote vulcânico básico estudado. Os conteúdos de bário, fósforo e titânio são baixos têm valores intermediários na associação estudada, enquanto o zircônio, que também apresenta concentrações intermediárias, exibe valores distribuídos em dois agrupamentos de amostras o que é característico dos basaltos baixo titânio.

### 3.2.1.2 - Seqüência Intermediária

Esta seqüência é representada pelas rochas vulcânicas ácidas do tipo Palmas/Caxias e porfiríticas tipo Chapecó, com ocorrência restrita na porção leste da área, constituindo o nível-guia estratigráfico que separa uma seqüência de basaltos superiores de uma seqüência inferior mais espessa de rochas vulcânicas ácidas e básicas. No poço de Abelardo Luz (2-AL-1-SC), é registrado 175 metros de basaltos da seqüência superior, acima, e 855 metros da seqüência inferior, abaixo da seqüência Intermediária. As rochas ácidas desta seqüência desaparecem a oeste, ficando o limite entre as seqüências superior e inferior demarcado somente pelo nível de erosão ou pelos depósitos arenosos correlatos, o que é verificado no poço de Galvão (1-GO-1-SC), onde 525 metros de basaltos superiores estão separados de 719 metros da seqüência inferior por arenitos "intertrápicos".

#### 3.2.1.2.1 - Ácidas Palmas/Caxias

A unidade Ácida Palmas/Caxias ocorre somente na região extremo nordeste da área, distribuindo-se no topo de um platô com altitude média de 1.250 metros.

Topograficamente, situa-se no mesmo nível da unidade ácida porfirítica Chapecó, com a qual faz contato apenas na região de Campina da Alegria. É constituída por pelo menos dois derrames, com espessura média estimada em torno de 30 metros cada. A sua composição é ácida, predominantemente riolitos afíricos, homogêneos, de granulação criptocristalina e subvitreos, cor cinza-escuro a cinza-claro-esverdeada e aspecto geralmente mosqueado (pontos milimétricos esbranquiçados). O aspecto mosqueado, tipo “carijó” é devido provavelmente, a processos de devitrificação da matriz, constituindo uma característica peculiar que facilita a identificação dessas rochas no campo. Assemelhando-se mais às ácidas do tipo Caxias, do Rio Grande do Sul,

do que às ácidas Machadinho.

É comum a ocorrência de disjunção subhorizontal pronunciada com zona vesicular/amigdaloidal bem desenvolvida no topo, onde se destacam amígdalas decimétricas, achatadas, preenchidas por sílica botrioidal e calcedônia, formando, às vezes, drusas de quartzo euédrico prismático (cristal de rocha) ou agregados fibrorradiados.

A característica estrutural marcante dessas rochas ácidas é a feição de fluxo magmático que resulta em dobras métricas a decamétricas, às vezes mostrando mergulhos acentuados (**Figura 6**).



**Figura 6** - Intensa disjunção horizontal com mergulho comum nas rochas vulcânicas ácidas do Tipo Palmas. BR-280 na proximidade de Palmas-PR.

Esta unidade geralmente assenta-se sobre um nível de erosão, com material arenoso associado, recobrendo, na porção nordeste da área, quase sempre um nível de basalto preto, subvitreoso, de alteração amarelo-ocre, sendo sobreposta, comumente, por basaltos cinza-escuros, micro-

cristalinos, da unidade Superior.

A unidade ácida tipo Palmas é representada por riolitos holocristalinos a hipocristalinos afíricos, constituídos por vidro parcialmente recristalizado, o qual pode alcançar 65% do volume da rocha,

intercrescimento granofírico de quartzo e feldspato potássico, com fração modal entre 20 e 90%, plagioclásio, que registra proporções de até 20% e raros piroxênios (até 3%) e minerais opacos (até 1%). São observadas, também, amígdalas de pequenas dimensões (até 0,5 mm) preenchidas por quartzo em proporções de até 2%.

O vidro constitui uma massa de cor marrom avermelhada com abundantes fraturas perlíticas, muitas vezes na forma de nódulos reliquias, e encontra-se parcialmente recristalizada para óxidos de ferro e argilo-minerais. O quartzo e o feldspato intercrescidos formam uma massa irregular com contatos difusos com a massa vítrea, que resultam da cristalização desta num estágio *subsolidus* durante a consolidação e resfriamento da lava. O plagioclásio é pouco abundante e exibe indivíduos ripiformes, por vezes esqueléticos, e com terminação em cauda de andorinha, apontando resfriamento rápido. O piroxênio ocorre em frações reduzidas, estando ausente na maioria das amostras, e apresenta hábito acicular ou prismático. Os minerais opacos são de origem magmática e de alteração. Os primeiros têm formas euédricas e seções quadradas, enquanto que os últimos são escassos e aparecem em massas substituindo piroxênio ou o resíduo vítreo.

A composição química das rochas da unidade Palmas é marcada por riolitos e raros dacitos que apresentam os maiores teores de sílica e os menores de titânio da associação estudada. A sílica varia no estreito intervalo entre 67 e 72% de SiO<sub>2</sub>, enquanto o titânio oscila entre 0,7 e 0,8%. Estes dois óxidos permitem a discriminação desta unidade relativamente à unidade Machadinho, enquanto que sua distinção em relação às unidades ácidas tipo Chapecó é marcada por teores menores de zircônio, bário e estrôncio e maiores de Rb.

Em todos os diagramas de variação química é verificada a similaridade entre os riolitos tipo Palmas e os termos mais diferenciados das vulcânicas ácidas do Rio Grande do Sul, aqui denominadas Tipo Caxias, o que sugere a existência de correlações genéticas entre ambos.

### 3.2.1.2.2 - Ácidas Chapecó

Esta unidade tem espessura de boa regularidade e continuidade lateral, sendo inconfundível no terreno devido aos fenocristais de feldspatos que aparecem imersos em uma matriz vítrea. Tem coloração cinza-escura a cinza-esverdeada quando fresco, passando a tonalidades castanho a castanha-avermelhada (bordô) quando levemente alterado. Os fenocristais apresentam coloração verde pálido a esbranquiçado quando alterados (caulinização) e dimensões centimétricas a subcentimétricas, mostrando-se geralmente esqueléticos (corroídos pela matriz). Este nível distribui-se na porção leste da área, concentrando suas exposições nas partes mais altas e aplainadas (platôs), formando mesas-testemunho e morros residuais onde está parcialmente destruído pela erosão, como no morro das torres repetidoras de TV, na localidade de Sarandí (1.250 metros de altitude). Na porção nordeste de sua área de exposição assenta-se sobre rochas ácidas do tipo Palmas, como nas imediações da Fábrica de Celulose Irani. Na maioria das vezes, entretanto, está sobreposta a um derrame de basalto andesítico da seqüência inferior, de granulação fina à média (submilimétrica), com pequenas vesículas esparsas e alteração castanho-esverdeada característica. Na região entre Guatambu e Caxambu do Sul, onde apresenta um mergulho regional mais acentuado, mostra contato superior com um diabásio preto, homogêneo de granulação submilimétrica, de uma provável soleira intercalada entre a unidade ácida porfírica e os basaltos da seqüência superior. O contato superior, entretanto, faz-se geralmente com os basaltos da seqüência superior, que são microcristalinos, cinza-escuros a pretos e mostram alteração de cor ocre-amarelada. Este apresenta feições erosivas e não raras lentes de arenitos róseos.

Esta unidade exibe uma zona basal vítrea decimétrica, que grada para uma zona central mais homogênea e com fenocristais desenvolvidos (centimétricos). Logo acima, aparece a zona médio-superior com disjunção horizontal pronunciada que passa para a zona de topo vesicular/amigdaloidal de 2 a 3 metros de espessura, rica



em amígdalas de diâmetro reduzido, pouco maior que os pórfiros, com os quais se confundem.

Há um adelgaçamento para oeste, não existindo registro nos poços profundos da porção oeste da área.

A unidade em questão é constituída por dacitos porfíricos, caracterizados pela ocorrência de fenocristais de plagioclásio (70%), clinopiroxênio (20%) e minerais opacos (10%), que perfazem no conjunto aproximadamente 12% do volume da rocha.

Os fenocristais de plagioclásio possuem dimensões variáveis de 0,8 a 5,0 milímetros e apresentam formas euédricas, hábito tabular a prismático, forte zonação ótica, que reflete zonação química, feições de corrosão, denunciando desequilíbrio com o líquido magmático, e escassas inclusões de clinopiroxênio, materializando a textura antiofítica. Grande parte dos cristais encontra-se fragmentada, estando por vezes os indivíduos incompletos com menos de 50% do volume original.

Os fenocristais de clinopiroxênio são incolores, com dimensões de 0,5 a 1,0 milímetro, formas euédricas a subédricas, forte fragmentação e oxidação ao longo das fraturas. Os minerais opacos, por outro lado, são constituídos por fenocristais subédricos, fortemente corroídos e oxidados, gerando uma auréola de oxidação na matriz adjacente.

A matriz exhibe granulação muito fina, onde é possível apenas o reconhecimento de pequenos cristais aciculares de feldspato, provavelmente sanidina, e raros grãos de quartzo anédricos e piroxênios. São registrados ainda, na matriz, uma forte orientação dos cristais aciculares, o que também é observado nos fenocristais de plagioclásio, bandas com oxidação mais intensa e descontinuidade preenchidas por quartzo, paralelas à direção de orientação dos cristais.

A intensa fragmentação dos fenocristais sugere que houve a ação de mecanismos explosivos nas manifestações erup-

tivas deste vulcanismo, enquanto que a marcada orientação da matriz e dos fenocristais com direção paralela à de descontinuidades físicas, aponta para a natureza deposicional com acamadamento da massa magmática parcialmente cristalizada. Assim, os dacitos desta unidade são, provavelmente, de natureza piroclástica, representando tufos de cristal.

Do ponto de vista geoquímico, e de acordo com a classificação química de Cox *et al.* (1979), esta unidade ácida é representada por dacitos e raros traquiandesitos. Os teores de sílica apresentam pouca variação (62,5 a 65,3%) e o conteúdo de elementos incompatíveis, tais como bário, estrôncio e zircônio, é significativamente superior ao das demais unidades ácidas, com exceção do rubídio que apresenta um empobrecimento relativo bem marcado.

### 3.2.1.3 - Seqüência Superior

Na porção leste da área a seqüência superior assenta-se sobre o horizonte-guia das ácidas porfíricas tipo Chapecó e a oeste, na ausência destas, diretamente sobre os basaltos da seqüência inferior. Ocupa toda a porção oeste da área, onde apresenta as maiores espessuras, que são estimadas a partir de perfis dos poços perfurados na região em cerca de 550 metros.

Por vezes ocorre na base desta seqüência um nível de erosão com depósitos de sedimentos epiclásticos, geralmente de granulação fina, que marcam um hiato entre a erupção das duas seqüências de derrames. Na ausência destes depósitos e da unidade ácida Chapecó, a delimitação desta seqüência de basaltos e da unidade inferior mostra-se muito sutil, dificultando o estabelecimento dos contatos entre ambas. No mapa geológico, esse contato é apenas aproximado, traçado principalmente com base na projeção de acidentes topográficos.

Esta unidade de basaltos superiores foi subdividida em duas unidades, sendo a inferior denominada Basaltos Cordilheira Alta e a superior, Campo Erê. Os basaltos Cordilheira Alta têm ampla distri-

buição na parte central da área, principalmente nos vales dos rios Chapecó e das Antas e de seus principais afluentes, enquanto que os basaltos Campo Erê estão distribuídos mais ao oeste, nas porções mais elevadas, ocupando os interflúvios das drenagens e os platôs da região de Campo Erê.

### 3.2.1.3.1 - Basaltos Cordilheira Alta

Esta unidade, composta por uma pilha de 400 metros de rochas básicas, constitui a base da seqüência dos basaltos

superiores, que se sobrepõem ao nível estratigráfico da unidade ácida Chapecó. Na região de Chapecó, Xaxim, Lajeado Grande, Bom Jesus e Abelardo Luz, os basaltos Cordilheira Alta estão sobrepostos diretamente nas rochas ácidas Chapecó, através de níveis de arenitos clásticos intertrápicos, os quais marcam nesta posição da coluna um hiato de tempo entre a deposição das seqüências inferior e superior (**Figura 7**). Mais a Oeste, os derrames desta unidade depositam-se sobre os basaltos da seqüência inferior.



**Figura 7** - Arenitos clásticos intertrápicos, que comprovam um hiato de tempo entre a deposição das seqüências inferior e superior. Notar também a presença de diques de arenito. Proximidades da BR-282 em Cordilheira Alta.

Os primeiros cinco derrames desta unidade são bem expostos ao longo da BR-282 desde Cordilheira Alta até as imediações de Nova Erechim. Apresentam uma característica singular que permite separá-los dos demais derrames basálticos. Trata-se da parte superior dos derrames com até 20 metros de espessura, constituída de vidro preto, quebradiço e microvesicular. Esses basaltos têm alto teor de  $TiO_2$ , são encontrados e facilmente identificados em diferentes partes da área, podendo vir a serem individualizados em trabalho de

maior detalhe. Além destes 5 derrames, a unidade apresenta mais 8 ou 10 derrames sobrepostos, os quais apresentam boas exposições no trecho entre Pinhalzinho até as imediações de São Miguel do Oeste, ao longo da BR-282.

Os basaltos tipo Cordilheira Alta apresentam dois tipos petrográficos que se distinguem fortemente pelos aspectos texturais, sendo um hipocristalino, com até 50% de vidro vulcânico, e outro hialocristalino. Os dois tipos são afíricos a subafíricos

e ocorrem nas mesmas unidades eruptivas, com o primeiro ocupando a metade superior do derrame, indicando que as causas da diferença residem a evolução do resfriamento da lava em superfície, não havendo relações com a sua composição química.

O tipo hialocristalino tem composição petrográfica relativamente heterogênea, com frações modais de vidro variando entre 30 e 50%, de plagioclásio entre 30 e 45%, de piroxênios entre 10 e 20%, de minerais opacos entre 3 e 5% e de amígdalas preenchidas por argilo-minerais e zeolita próximo a 1%. Fenocristais são raros, alcançando no máximo 1% do volume da rocha, e representados por plagioclásio e clinopiroxênio. Os fenocristais de plagioclásio possuem formas euédricas, dimensões da ordem de 3 milímetros e apresentam zonação ótica e feições de fusão parcial (textura em peneira) bem marcadas. Já os clinopiroxênios têm dimensões menores (até 0,8 mm) e aparecem muito freqüentemente agrupados em nódulos de até 4 milímetros de diâmetro, configurando a textura glomeroporfírica.

Na matriz, o vidro forma massas de cor marrom escuro e encontra-se parcialmente cristalizado para piroxênio e plagioclásio aciculares e óxidos de ferro, comumente em arranjo radiado ou esferulítico. O plagioclásio exibe hábito ripiforme alongado com terminação em cauda de andorinha e por vezes cristais esqueléticos. A zonação ótica é destacada na maioria dos indivíduos cristalinos. O clinopiroxênio, por outro lado, é representado por cristais prismáticos curtos muitas vezes concentrados em pequenos agrupamentos nodulares. São registradas, ainda, algumas microfaturas com preenchimento de quartzo criptocristalino e zeolitas.

O tipo holocristalino apresenta uma mineralogia pouco variável e constituída por plagioclásio (60%), clinopiroxênio (30%), minerais opacos (5%) resíduo criptocristalino (2%) e amígdalas preenchidas por argilo-minerais esverdeados (2%). Os caracteres texturais são definidos pela natureza afírica a subafírica da rocha, com até 2% de fenocristais, forte orientação dos

cristais de plagioclásio da matriz (textura eutaxítica) e ocorrência de amígdalas com até 1,5 milímetro. Os fenocristais de plagioclásio exibem formas euédricas, dimensões da ordem de 0,5 milímetro e feições de fusão parcial intensa (textura em peneira), enquanto os de clinopiroxênio são menores, com até 0,3 milímetro, e em grande parte pseudomorfizados para argilo-minerais.

Na matriz, o plagioclásio é ripiforme e euédrico ou constitui massas irregulares residuais, sendo que os primeiros mostram forte orientação, marcando a direção do fluxo da lava na superfície. O clinopiroxênio, por outro lado, possui hábito prismático curto e freqüentemente encontra-se alterado para óxidos de ferro. Os minerais opacos de origem magmática são constituídos por cristais euédricos e cúbicos quando precoces e anédricos quando tardios.

Do ponto de vista geoquímico, a unidade Cordilheira Alta é constituída predominantemente por basaltos e raros andesitobasaltos com teores de  $TiO_2$  na grande maioria das amostras maiores que 3,0%, o que permite enquadrá-los no grande grupo dos basaltos alto titânio do Magmatismo Serra Geral. A sua composição química é marcada, ainda, por intervalos relativamente estreitos do Número de magnésio ( $Mg\# = 100 \cdot MgO / (MgO + FeO)$ ) e das concentrações de  $MgO$ , cujos valores são os mais baixos do pacote vulcânico básico estudado. Elementos incompatíveis, como o zircônio, bário e fósforo, por outro lado, apresentam teores elevados, o que é típico dos basaltos alto titânio.

A distribuição de teores de  $MgO$  e do Número de Magnésio em intervalos pouco expressivos aponta para a fraca atuação dos processos de fracionamento magmático na evolução das lavas. Os conteúdos elevados de elementos incompatíveis (Ba, Zr e P e  $TiO_2$ ) em relação às unidades Palmas e Machadinho, para rochas com mesmo valor do Número de Magnésio, indica uma origem dos líquidos progenitores destas rochas pela fusão parcial de fontes mantélicas relativamente enriquecidas nestes elementos químicos.

### 3.2.1.3.2 - Basaltos Campo Erê

Esta unidade também é composta exclusivamente por basaltos e ocupa o topo da coluna de rochas vulcânicas aflorantes no oeste catarinense. Compreende 4 ou 5 derrames que afloram nas porções de cotas mais elevadas das regiões Noroeste e Oeste da área mapeada. Distribuem-se desde São Lourenço do Oeste, onde forma um platô com aproximadamente 100 metros de altitude, estendendo-se e suavizando-se para W-SW, onde atinge cotas da ordem de 550 a 600 metros na região de Iporã do Oeste. A configuração estrutural dos basaltos Campo Erê é do tipo homoclinal, com caimento da ordem de 8,0 m/km no sentido S-SW. O relevo da região NW da área é controlado pela estruturação desta unidade, de modo que seus derrames se expõem nos platôs recortados e nos interflúvios das drenagens da região, formando escarpas acentuadas no rebordo do platô de Campo Erê e uma cuesta de direção N-NE a S-SW nos interflúvios dos Rios das Antas e Peperi-guaçu.

Os derrames desta unidade têm espessuras médias de 40 metros e apresentam feições de alteração peculiares, que, em parte, auxiliam na sua identificação no terreno. Apresentam cores de alteração claras, aspecto arenoso decorrente de uma esfoliação em pequenos fragmentos subcentimétricos. No entanto, a característica mais marcante desses derrames está no contato entre eles e especialmente na base da unidade, onde é comum o aparecimento de sedimentos epiclásticos finos (areias finas e siltes) e brechas peperíticas (**Figura 8**). Esses sedimentos mostram diferenças marcantes com os arenitos intertrápico da base da seqüência intermediária (**Figura 7**) de características ainda eólicas, indicando um ambiente mais úmido durante a época dos derrames. Com isso, houve condições favoráveis ao desenvolvimento de solos e tálus, além de leitos siltico-arenosos que interagiram com as lavas dos derrames superiores.

A composição mineralógica dos basaltos tipo Campo Erê mostra-se pouco



**Figura 8** - Brecha peperítica típica do contato entre derrames dos Basaltos Campo-Erê. Notar a matriz fina composta por areias muito finas e siltes. BR-163 próximo a São José do Cedro.

variável, com fração modal de plagioclásio entre 60 e 70%, clinopiroxênio (augita) entre 30 e 40%, minerais opacos (principalmente magnetita) entre 3 e 5% e um resíduo vítreo parcialmente cristalizado para argilo-minerais e opacos que alcança no máximo 1% do volume da rocha. A textura é fina, com granulometria variando de 0,1 a 0,4 milímetros, afírica a subafírica com escassos microfenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio (fração modal máxima de 2%) de dimensões da ordem de 0,5 a 0,8 milímetros.

É comum a ocorrência de cristais tardios de magnetita com dimensões da ordem de 0,6 milímetros, ricos em inclusões de plagioclásio e clinopiroxênio. O plagioclásio apresenta hábito predominantemente ripiforme com destacada zonação ótica e o clinopiroxênio mostra-se por vezes alterado para argilo-minerais e minerais opacos. Em algumas amostras, é registrada uma boa orientação dos cristais, marcando o fluxo da lava na superfície.

Do ponto de vista geoquímico, a unidade básica Campo Erê é constituída predominantemente por basaltos e subordinados basaltos andesíticos com teores de  $TiO_2$  variando entre 1,5 e 2,6%, o que permite enquadrá-los nos grupos dos basaltos baixo titânio a transicionais da Província Vulcânica da Bacia do Paraná. A sua composição química é marcada, ainda, por amplos intervalos de valores do Número de Magnésio ( $Mg\# = 100 * MgO / (MgO + FeO)$ ) e das concentrações de  $MgO$ , bem como por teores intermediários de zircônio, bário, fósforo e titânio em relação às demais unidades básicas.

A distribuição de teores de  $MgO$  e do Número de Magnésio em amplos intervalos aponta para a intensa atuação dos processos de fracionamento magmático na evolução dos líquidos magmáticos progenitores desta unidade. Já os conteúdos intermediários de elementos incompatíveis e titânio, provavelmente, refletem a evolução dos magmas a partir da mistura de fusões oriundas das fontes mantélicas dos basaltos tipo baixo titânio e alto titânio.

#### 3.2.1.4 - Depósitos Aluvionares Atuais

Os depósitos aluvionares ocorrem nas calhas e planícies de inundação dos principais rios da região. São compostos por depósitos inconsolidados de cascalhos, seixos, areias grossas a finas e argila.

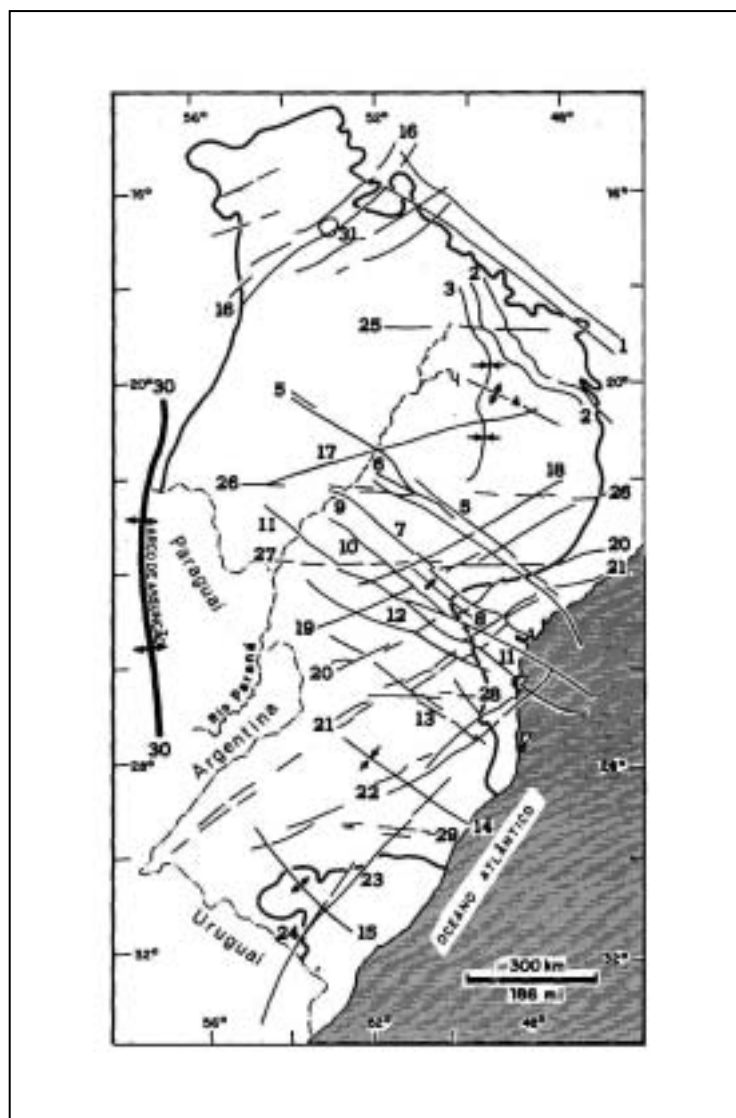
### 3.3 - Geologia Estrutural

Este tópico tem por objetivo descrever os padrões estruturais da área de estudo com ênfase voltada à hidrogeologia. Em um primeiro momento é descrito o arcabouço estrutural regional da área, compilado de diversos trabalhos anteriores e aliado às verificações em campo. Posteriormente é descrita uma análise minuciosa dos lineamentos estruturais visando sempre representar o estado físico da água subterrânea dentro da Formação Serra Geral na região do oeste catarinense. Considerações a respeito da potencialidade dos aquíferos fraturados na região serão abordadas pelo capítulo 5.

#### 3.3.1 - Arcabouço Estrutural da Bacia do Paraná

A estruturação da Bacia do Paraná vem sendo objeto de muitos estudos voltados principalmente à prospecção de hidrocarbonetos, lançando mão de técnicas de sensoriamento remoto, levantamentos geofísicos e de geologia estrutural.

Zalán et al. (1990) em uma abordagem sobre a evolução geológica da Bacia do Paraná descreve regionalmente seu arranjo estrutural. A **Figura 9** ilustra os principais elementos tectônicos da Bacia do Paraná que apresenta um marcante padrão de feições lineares que se cruzam. Tais feições podem ser divididas em três grupos de acordo com suas orientações (NW-SE, NE-SW e E-W). As direções NW-SE e NE-SW são as orientações mais importantes e podem representar falhas simples ou zonas de falhas extensas, com centenas de quilômetros de comprimento e algumas poucas dezenas de quilômetros de largura. São antigas zonas de fraqueza que foram reativadas durante o processo de evolução da bacia (Zalán et al. op cit).



**Figura 9** - Mapa do arcabouço estrutural da Bacia do Paraná (Zalán, 1990).

Soares et al. in Zalán (1990) também reconhecem este mesmo padrão de direções NW e NE, num estudo detalhado de imagens LANDSAT e de radar nas porções central e oriental da bacia. Identificaram faixas retilíneas com alta concentração de lineamentos separados em três grupos de trends NW (variando de N 25° a N 65°W) e dois grupos de trends NE (variando entre N 35° E e N 60° E). Conforme estes autores, tais zonas estruturais representariam áreas de maior mobilidade tectônica em comparação com as áreas adjacentes. Também concluíram que esses elementos representam zonas de fraqueza

do embasamento onde os trends NW estão intensivamente intrudidos por diques básicos, enquanto os trends NE são isentos destas feições.

O padrão estrutural das zonas de falha NE é diferente, pois elas são constituídas ou por uma única falha larga ou por uma zona de falha retilínea (exceção das zonas de falha Lancinha-Cubatão e Transbrasiliano). Verifica-se geralmente uma ausência significativa de diques e, conseqüentemente, das deformações associadas a eles (Zalán op. cit.). No entanto, as estruturas relacionadas a movimentações trans-

correntes são muito mais comuns ao longo dos lineamentos NE. Embora também sejam freqüentes ao longo dos lineamentos NW. Afora essas diferenças, praticamente nenhuma outra pode ser apontada entre as zonas de falha NW e NE. Os movimentos ao longo delas tiveram componentes horizontais e verticais, com os blocos por elas delineados movimentando-se para cima e para baixo, em um estilo estrutural típico de falhas verticais. Os rejeitos verticais são em geral pequenos, atingindo, no máximo, poucas centenas de metros.

Os lineamentos de orientação E-W são pouco entendidos na Bacia do Paraná. São facilmente identificáveis em mapas aeromagnetométricos e em imagens LANDSAT. Seu desenvolvimento teve início a partir do Triássico. Sua idade associada ao seu extraordinário paralelismo com as zonas de fraturas oceânicas, sugere uma ligação qualquer com o desenvolvimento do Atlântico Sul (Zalán, 1990).

Os trendes NW e NE ocorrem em toda a Bacia, existindo também um terceiro grupo de orientação EW. Segundo Zalán et al. (1990), o padrão estrutural de cada um dos grupos é distinto porque as falhas de orientação NW foram fortemente reativadas durante o quebramento de idade Juro-Cretáceo, o que não ocorreu com as falhas de direção NE.

Regionalmente as rochas vulcânicas da Bacia do Paraná estão situadas em um depressão suavemente ondulada estabelecida entre os Arcos de Ponta Grossa e Rio Grande, a norte e a sul, respectivamente. A região do vale do rio Uruguai insere-se nos domínios do Arco de Lagoa Vermelha e do Sinclinal de Torres. A Zona Tectônica Torres Posadas, representada por um conjunto de alinhamentos estruturais de direção próxima a N 60° W, passa a sul de Itapiranga. Estes alinhamentos compõem um conjunto de falhamentos escalonados os quais foram movimentados durante a reativação Wealdeniana (Almeida apud Paiva Filho, 1999). Algumas falhas são reconhecidas por Paiva Filho (1999) através de seções geológicas onde destacam-se as falhas de Chapecózinho, Xanxerê, Itá e Goio-En.

Os trabalhos de campo do PRO-ESC verificaram também uma série de arqueamentos e depressões manifestadas em superfície por mergulhos dos pacotes de rochas vulcânicas, que localmente influenciaram o relevo da região. Estruturas circulares são freqüentes na região, no entanto a origem destas feições ainda é desconhecida. A principal estrutura circular é a do Vargeão (**Figura 10**), com cerca de 11 km de diâmetro, que expõe em alguns locais camadas de arenitos e argilitos (**Figura 11**) mais antigos que a Formação Serra Geral. Suas características e contexto geológico sugerem que a estrutura representa um astroblema, porém estudos específicos e detalhados devem ser realizados para confirmar tal hipótese.

### 3.3.2 - Análise de Lineamentos

Na área do Projeto Oeste de Santa Catarina observa-se no mapa de lineamentos morfoestruturais (**Figura 12**), extraídos de imagens LANDSAT e mosaicos de radar do Projeto RADAM BRASIL, ambos na escala 1:250.000, o padrão de fraturas da área. As principais direções de fraturas, ilustradas pelo diagrama de roseta (**Figura 13**), são: N-30°-E; N-40°-E; N-50°-E; N-50°-W; N-40°-W e N-60°-W. Subordinadamente ocorrem as direções NS e EW. Os levantamentos de campo confirmaram somente uma falha na área de estudo (ver mapa geológico em anexo), de direção N-70°-E com cerca de 135 km de extensão, que passa pela borda da estrutura circular do Vargeão. Sua natureza é de falha vertical, cujo bloco noroeste subiu, enquanto o bloco sudeste desceu, formando uma grande escarpa que bordeja o vale do Rio Irani.

Suspeita-se também que, por uma série de indícios morfoestruturais, possivelmente ocorra uma zona de falha de orientação N-S na região do vale do Rio das Antas, no extremo oeste da área. Tal fato é corroborado pela presença de uma série de fontes e poços hipotermais, cuja distribuição se dá ao longo do rio das Antas, além da série de anomalias de pH e condutividade da água dos poços tubulares existentes em zonas de fratura com a direção N-S.

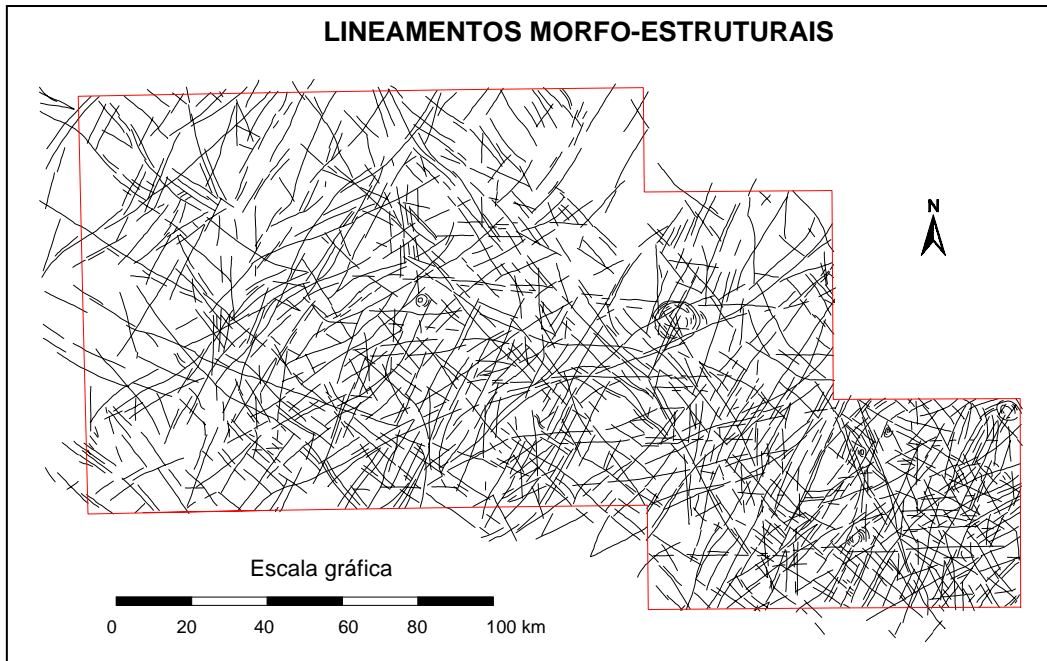


**Figura 10** - Estrutura circular do Vargeão representada em imagem LANDSAT TM 5 (Composição colorida R5 G4 B3).

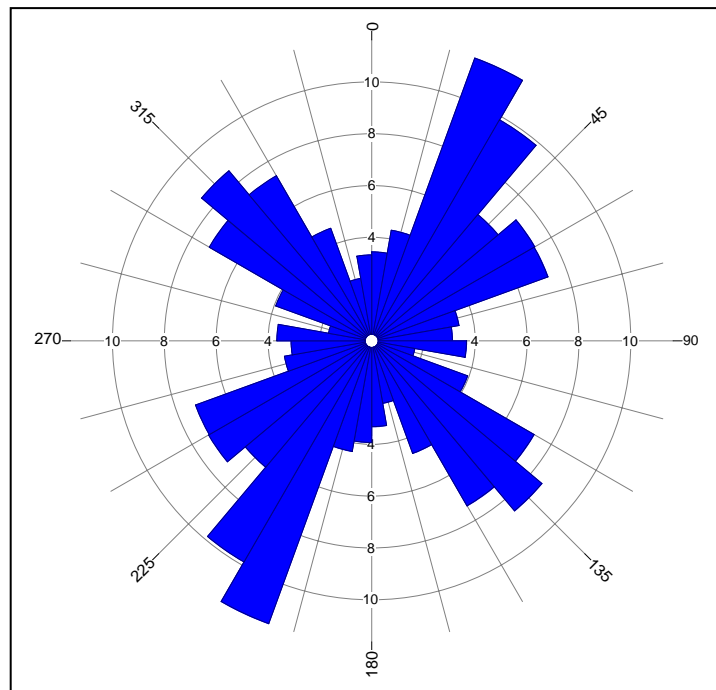


**Figura 11** - Afloramentos de arenitos e argilitos dentro da Estrutura circular do Vargeão .





**Figura 12** - Lineamentos morfoestruturais da área do projeto extraídos de imagens LANDSAT e mosaicos de radar na escala 1:250.000.



**Figura 13** - Diagrama de roseta dos lineamentos morfoestruturais da área do projeto extraídos na escala 1:250.000.

Também foi gerado um mapa de fraturas (**Figura 14**) na escala 1:250.000, utilizando técnicas de sensoriamento remoto com o princípio da não inferência (Schuck et al., 1990) em imagens LANDSAT e mosaicos de Radar do Projeto RADAM-BRASIL. A partir deste mapa foi elaborado o mapa de densidade de fraturas (**Figura 15**), que fornece uma visão geral do grau de fraturamento da área. A densidade de fraturas é expressa pela razão entre o somatório do comprimento dos lineamentos dentro de uma determinada célula regular e a área da mesma, conforme a equação abaixo, onde  $L$  é o comprimento de cada fratura e  $A$  representa a área de cada célula. O resultado é expresso em  $\text{km}/\text{km}^2$ .

$$\text{densidadedefraturas} = \frac{\sum L}{A}$$

A área escolhida para cada célula foi de  $4 \text{ km}^2$  e o mapa de densidade foi obtido através do processamento de 20.613 lineamentos. Observando-se tal mapa, verifica-se que as áreas mais densamente fraturadas ( $df > 1,0 \text{ km}/\text{km}^2$ ) encontram-se na Bacia do Rio do Peixe, mais precisamente na Barra Fria (Campos Novos), Ibicaré, Linha Santa Helena em Joaçaba, Alto Bela Vista; e no vale do Rio Jacutinga a norte de Concórdia, no limite dos municípios de Irani e Ponte Serrada e em Passos Maia. A sede municipal de Chapecó também está inserida em área de alta densidade de fraturas.

Nestas áreas há uma forte influência do cruzamento de lineamentos regionais das direções N-20-30°-E e N-40-55°-W. A seção E-W do mapa de domínios hidrogeológicos em anexo, mostra que entre Chapecó e Piratuba ocorre um leve arqueamento das camadas da Formação Botucatu e Rio do Rasto.

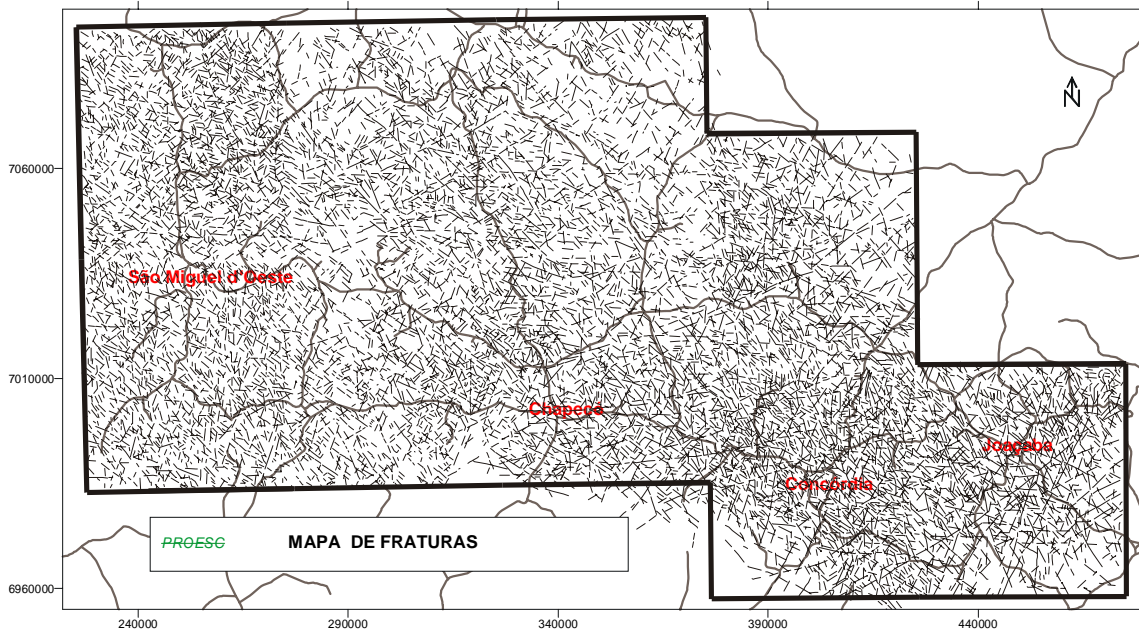


Figura 14 - Mapa de fraturas da área do projeto extraídos na escala 1:250.000.

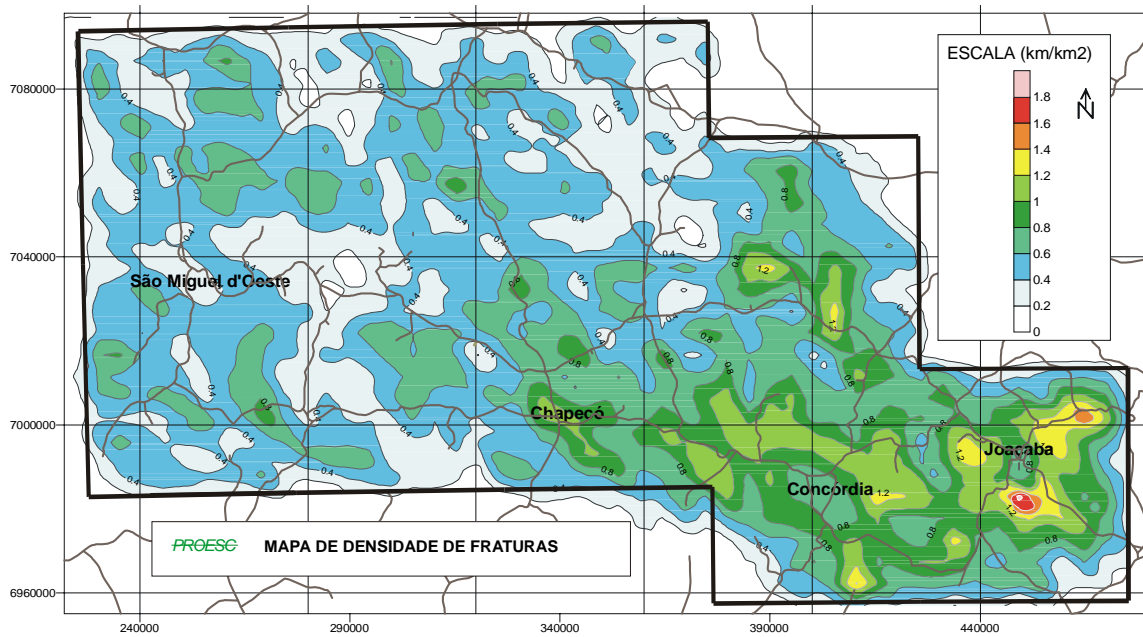


Figura 15 - Mapa de densidade de fraturas. As cores “quentes” indicam áreas mais fraturadas.

## 4 - Hidrologia e Climatologia

### 4.1 - Caracterização das Regiões Hidrográficas

Tendo em vista a necessidade de racionalizar ações e procedimentos no processo de gerenciamento dos recursos hídricos e considerando o fato de que as bacias hidrográficas do estado normalmente apresentam pequenas dimensões e relativa homogeneidade, a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SDM, apresentou em seu trabalho Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral (SANTA CATARINA, 1997) uma nova proposta de divisão do estado em regiões hidrográficas.

Nesta proposta apresentada, foram levados em consideração alguns critérios indicativos baseados nas características físicas (geomorfologia, geologia, hidrologia, relevo, solo, etc.), geográficas (área, divisão municipal, divisão de bacia, etc.), sócioeconômicas (população, atividades econômicas, estrutura fundiária, etc.), associativas (associações de municípios) e municipais (número de municípios existentes) das 23 bacias hidrográficas do estado.

A partir da conjunção destas características, criaram-se unidades regionais que apresentam razoável homogeneidade, facilitando o processo de gestão dos recursos hídricos catarinenses.

Os critérios que embasaram a proposta catarinense estão listados a seguir:

- i. As regiões hidrográficas são compostas por no máximo três bacias hidrográficas contíguas e afins, sendo o seu limite geográfico determinado pelos mesmos divisores de água das bacias que as compõem;
- ii. As bacias que integram cada região devem apresentar um razoável nível de homogeneidade em seus aspectos físicos e socioeconômicos;
- iii. A área geográfica das novas regiões guarda um certo grau de iden-

tidade com as associações de municípios existentes;

- iv. Para facilitar o processo de gerenciamento, o número de municípios por região não é superior a 40;
- v. Da mesma forma, a área máxima de cada região não é inferior a 25.000 km<sup>2</sup>.

Adotando tais critérios como parâmetro, o estado foi dividido, para efeito de gerenciamento dos recursos hídricos, em dez regiões hidrográficas (**Figura 16**), com as seguintes características a seguir:

- i. Em média cada região é composta por duas à três bacias, com exceção da região Litoral Centro, onde o pequeno tamanho das unidades hidrográficas determinou a composição da região com quatro bacias hidrográficas;
- ii. As bacias de uma região apresentam um grau de homogeneidade física bastante elevado, particularmente no que diz respeito a geomorfologia, geologia, hidrologia regional, tipo de relevo e solo, aptidão agrícola e uso atual dos solos;
- iii. É também elevado o grau de homogeneidade socioeconômica das bacias que integram uma mesma região, notadamente no que diz respeito a densidade demográfica, população rural/urbana, crescimento populacional, tamanho da propriedade, tipo de exploração rural e tipo de atividade industrial, entre outros aspectos;
- iv. Existe um considerável grau de coincidência geográfica entre a área composta pelos municípios em cada uma das regiões e aquela que integra as associações de municípios. Este fato, por si só, já justificaria a divisão proposta, face à importância que as associações terão no processo de gerenciamento;
- v. Em média, cada região é composta por 26 municípios, sendo 39 o número máximo de municípios. A região do vale do Itajaí, por ser composta por uma única bacia e pela

sua amplitude, aparece como exceção, ultrapassando o limite estabelecido, mas sem comprometer o processo;

- vi. A área máxima de cada região é de 23.000 km<sup>2</sup>, sendo de 9.600 km<sup>2</sup> a sua área média.

Considerando-se esta divisão, em 10 de novembro de 1998, sancionou-se a Lei N° 10.949 que dispõe sobre a caracterização do Estado em 10 (dez) Regiões Hidrográficas.

O Projeto Oeste de Santa Catarina desenvolveu-se nas regiões hidrográficas do Extremo Oeste, Meio Oeste e em parte da região do Vale do Rio do Peixe, fazendo parte da Bacia do Rio Uruguai. Esta bacia tem uma área de drenagem no território nacional de 176.000 km<sup>2</sup>, banha áreas de Santa Catarina de 46.000 km<sup>2</sup> e do Rio

Grande do Sul de 130.000 km<sup>2</sup>.

No contexto geral da bacia do rio Uruguai, a região hidrográfica do Extremo Oeste ocupa a área extrema do estado que faz divisa com a Argentina. Os rios Peperi-Guaçu e das Antas são as principais bacias que drenam esta região. O rio Peperi-Guaçu, com 251 km de extensão é uma área de drenagem de 2.280 km<sup>2</sup>, nasce no município de Dionísio Cerqueira, drena 11 municípios da região e deságua no rio Uruguai. Serve como divisa entre o Brasil e a Argentina, tendo como afluentes mais importantes os rios das Flores, Maria Preta e União. O rio das Antas, com 193 km de extensão e uma área de drenagem de 907 km<sup>2</sup>, nasce próximo à divisa com o Paraná, drena 14 municípios e deságua no rio Uruguai. Seus principais afluentes são os rios Sargento, Jacutinga e Capetinga.



**Figura 16** – As 10 regiões hidrográficas do Estado de Santa Catarina.

Fonte: Mapa das Regiões Hidrográficas - Governo do Estado de Santa Catarina - 2000

A região Hidrográfica do Meio Oeste integra a bacia do rio Uruguai e tem como principais cursos d'água que banham a região as bacias do rio Chapecó e do rio Irani. O rio Chapecó, com uma vazão na foz de 263 m<sup>3</sup>/s, uma área de drenagem de 8.190 km<sup>2</sup> e uma densidade de drenagem de 1,55 km/km<sup>2</sup>, representa o principal curso d'água desta região hidrográfica, drenando os territórios de 30 municípios. Os principais afluentes são os rios Chapecózinho, Saudades e Burro Branco. O rio Irani, com uma área de drenagem de 1.498 km<sup>2</sup> e uma vazão média de 49 m<sup>3</sup>/s, é o segundo em importância na região, drenando as áreas de 9 municípios. Os rios Bahia e Xanxerê são seus principais afluentes.

A região hidrográfica Vale do rio do Peixe integra a bacia do rio Uruguai. Fazem parte desta região hidrográfica as bacias dos rios Jacutinga e Peixe. Destas, a do Peixe é a que apresenta a maior expressão física e socioeconômica. Com uma área de drenagem de 5.123 km<sup>2</sup> e uma vazão média de 110 m<sup>3</sup>/s, a bacia do Peixe nasce na Serra do Espigão (município de Matos Costa) e possui uma extensão de 290 km até a sua desembocadura junto ao rio Uruguai. Seus principais afluentes são os rios do Bugre, Quinze de Novembro, São Bento, Estreito, Tigre, Pato Roxo e Pinheiro, pela margem direita, e os rios Cerro Azul, das Pedras, Castelhana, Caçador, Bonito, Veado e Leão, pela margem

esquerda. A bacia do rio do Peixe drena 22 municípios antes de desaguar no rio Uruguai. A bacia do rio Jacutinga é a mais modesta da vertente do interior, com uma área de drenagem de 400 km<sup>2</sup>. São 11 (onze) municípios drenados por esta sub-bacia.

#### 4.1.1 - Cobertura Vegetal

A caracterização da cobertura vegetal original e atual das três regiões hidrográficas do estado tem por base as descrições de Raul M. Klein, constantes do Mapa Fitogeográficos de Santa Catarina (1978), bem como as informações constantes no Atlas de Santa Catarina (1986) e, mais recentemente, o estudo Cobertura do Estado de Santa Catarina, elaborado pela Fundação do Meio Ambiente - FATMA.

Pelos dados deste último estudo, a vegetação primária e a secundária de porte arbóreo e arbustivo ocupam 29,14% do território catarinense. No entanto, nas regiões hidrográficas do extremo oeste, meio oeste, planalto de Lages e Extremo Sul Catarinense, em partes das quais o percentual de vegetação primária e secundária é inferior a 18% (**Tabela I**).

As regiões hidrográficas do Extremo Oeste, Meio Oeste e parte do Vale do Rio do Peixe, apresentam um índice muito baixo de reflorestamento (ao redor de 1%).

Região Hidrográfica	Classes		
	Vegetação Primária e Secundária	Reflorestamento (%)	Outras (%)
RH 1	12	1	87
RH 2	17	1	82
RH 3	22	4	74
Estado	29,14	4,14	66,72

**Tabela I** - Participação percentual das Classes de Cobertura Vegetal, por Região Hidrográfica. Fonte: FATMA (45) - Dados ajustados para regiões hidrográficas.

#### Legenda:

- Vegetação primária e Secundária = Florestas primárias e vegetação em estágio médio (capoeiras e capoeirões) e avançado e regeneração.
- Reflorestamento = Grandes áreas de plantio de pinus e eucalipto.
- Outras = Áreas com manguezal, dunas, campos naturais e cultivados, áreas urbanizadas e áreas de mineração a céu aberto.

A **Tabela I** foi elaborada tendo por base o estudo COBERTURA VEGETAL DO ESTADO DE SANTA CATARINA, desenvolvido pela Fundação de Meio Ambiente - FATMA. Tendo em vista que a FATMA adotou em seu estudo a microrregião geográfica como unidade espacial, foi necessário fazer pequenos ajustes para que os dados fossem agregados por regiões hidrográficas.

A região hidrográfica do Extremo Oeste era ocupada originalmente por Florestas Estacional Decidual e por Floresta Ombrófila na quase totalidade da área, sendo por vezes intercaladas por algumas manchas de savana (campo) ao norte, principalmente no município de Campo Erê. Os dois tipos de formação florestal apresentavam madeiras de considerável valor econômico, cabendo destaque, no caso da Floresta Estacional Decidual, a grápia, cabreúva, cedro, louro-pardo, canafístula, guatambu, guajuvira e canelas. No que diz respeito à floresta Ombrófila Mista, merecem destaque o pinheiro-brasileiro, imbuia, angico-vermelho, Maria-preta, cedro, canelas e erva-mate.

Nesta última formação, ocorre a Floresta Montana, presente em altitudes entre 500 e 1.000 metros, cuja espécie predominantemente era o pinheiro-brasileiro, que ocupava o seu estrato superior.

A Floresta Estacional Decidual representa uma formação típica do extremo oeste, situada acima de 400 metros. Originalmente apresentando como espécies mais significativas o angico, a cabreúva e a guajuvira.

Comparada à sua vegetação original, esta região hidrográfica encontra-se atualmente grandemente descaracterizada. Com efeito à exceção de algumas pequenas manchas remanescentes da cobertura primária, quase todo restante da área teve sua população vegetal substituída pela ação antrópica, que estabeleceu o domínio de vegetação secundária lavouras e pastagens. De acordo com o estudo da FATMA, apenas 12% da área da região encontra-se ocupada por vegetação primária e secundária.

A vegetação da região hidrográfica do Meio Oeste era originalmente bastante semelhante à que predominava na região Hidrográfica Extremo Oeste. No Meio Oeste, além da predominância da Floresta Estacional Decidual (grápia, cabreúva, cedro, louro-pardo, canafístula, guatambu, guajuvira e canelas) e da Floresta Ombrófila Mista (pinheiro-brasileiro, imbuia, angico-vermelho, Maria-preta, cedro, canelas e erva mate), estavam presentes em maior extensão as manchas de savana (campos) ao norte da região.

Na região do Meio Oeste, à semelhança do Extremo Oeste, a vegetação primária encontra-se atualmente quase totalmente degradada pela ação do homem. Com exceção de algumas pequenas manchas da Floresta Estacional Decidual Montana remanescente, a vegetação nativa ainda existente é constituída de espécies de pouco valor econômico, já que a floresta original, frente à atividade madeireira, praticamente desapareceu. Na área polarizada por Chapecó, a vegetação primária e a secundária são da ordem de 11%, de acordo com a FATMA.

O restante da área encontra-se atualmente ocupado por vegetação secundária (samambaias e capim rabo de burro, vassouras, vassourões, bracinga, canelas e camboatás), culturas cíclicas (milho e feijão, entre outras) e pastagens.

A vegetação secundária, presente em toda a região ocupa expressivo espaço no município de Ponte Serrada. Da mesma forma, a savana gramíneo-lenhosa antropizada está presente com destaque na porção norte dos municípios de Água Doce, Abelardo Luz e Irani. Nesta área da região, o percentual com vegetação primária e secundária se eleva para 23%.

Observa-se, ainda, mesmo de forma incipiente, a aumento das áreas que vêm sendo reflorestadas junto às propriedades rurais da região (ao redor de 2% da área).

Originalmente, quase toda a região hidrográfica do vale do Rio do Peixe era ocupada com Floresta Ombrófila Mista

(pinheiro-brasileiro, imbuia, angico-vermelho, Maria preta, cedro, canelas e erva mate), com penetrações de savanas (campos) ao norte, no município de Caçador, e Floresta Estacional Decidual (grápia, angico-vermelho, cabreúva, cedro, louro-pardo, canafístula, guatambu, guajuvira e canelas) nas áreas de influência do rio Uruguai e parte do rio do Peixe.

Ao longo do tempo, a vegetação nativa foi quase toda descaracterizada, tendo as espécies de valor econômico praticamente desaparecido. Atualmente, em quase toda a área observa-se a predominância de culturas cíclicas, excetuadas a porção norte do município de Matos Costa, onde se podem observar pequenas manchas de vegetação Secundária sem palmeiras, Floresta Ombrófila Mista Montana e Submontana e Savana Gramíneo-lenhosa,

com floresta de galeria. Dentro destas manchas, as espécies de maior valor econômico são encontradas de forma esparsa, onde a dificuldade de acesso não permitiu a sua completa dizimação. Conforme o relatório da FATMA, a área com vegetação primária e secundária está entre 21% e 23% e com reflorestamento é maior do oeste, com 6% da região.

#### 4.2 - Classificação Climatológica da Região

Para o estudo de classificação climatológica da região, obtiveram-se informações climatológicas de 11 (onze) estações meteorológicas, fornecidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI, onde são descritas suas localizações na **Tabela II**.

Municípios	Latitude	Longitude	Altitude	Fonte
Campos Novos	27° 24' S	51° 12' W. Grw.	946,67 metros	EPAGRI
Chapecó	27° 07' S	52° 37' W. Grw.	679,00 metros	EPAGRI
Itá	27° 18' S	52° 20' W. Grw.	386,82 metros	EPAGRI
Itapiranga	27° 12' S	53° 38' W. Grw.	200,00 metros	EPAGRI
Marcelino Ramos	27° 02' S	51° 05' W. Grw.	400,00 metros	EPAGRI
Matos Costa	26° 29' S	51° 09' W. Grw.	1200,00 metros	EPAGRI
Ponte Serrada	26° 52' S	52° 01' W. Grw.	1100,00 metros	EPAGRI
Porto União	26° 14' S	51° 04' W. Grw.	797,44 metros	EPAGRI
São Miguel do Oeste	26° 47' S	53° 30' W. Grw.	700,00 metros	EPAGRI
Videira	27° 00' S	51° 09' W. Grw.	779,09 metros	EPAGRI
Xanxerê	26° 51' S	52° 24' W. Grw.	841,20 metros	EPAGRI

**Tabela II** - Estações climatológicas empregadas para a caracterização climatológica da região de estudo.

Com as informações destas estações e de acordo com o Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina (2002), a região em estudo está inserida em uma região cuja classificação climática, segundo a metodologia proposta por Köppen, é Cfa (Clima Subtropical – mesotérmico úmido e verão quente) e Cfb (Clima Temperado – mesotérmico úmido e verão ameno). A região é classificada como subtropical (Cfa), em razão da temperatura média do mês mais quente ser superior a 22,0 °C, e

temperada (Cfb) pois a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22,0 °C, conforme observamos na **Figura 17**.

##### 4.2.1 - Variação Mensal das Temperaturas

Constatou-se uma grande variação mensal das temperaturas na região em estudo, principalmente devido a questões relacionadas a hipsometria e a continentalidade. Segundo estudos realizados por



Pandolfo, C. et. alli. (2002), existe alta correlação entre as temperaturas do Estado de Santa Catarina em relação a longitude, latitude e a altitude.

Na **Figura 18** observa-se que nos 39 anos de registro de dados da Estação Meteorológica de Campos Novos, a amplitude da temperatura média mensal variou entre 12,3 e 20,6 °C, onde a maior média da temperatura máxima observada foi de 27,4 °C nos meses de janeiro e a menor média da temperatura mínima de 7,7 °C ocorreu nos meses de julho.

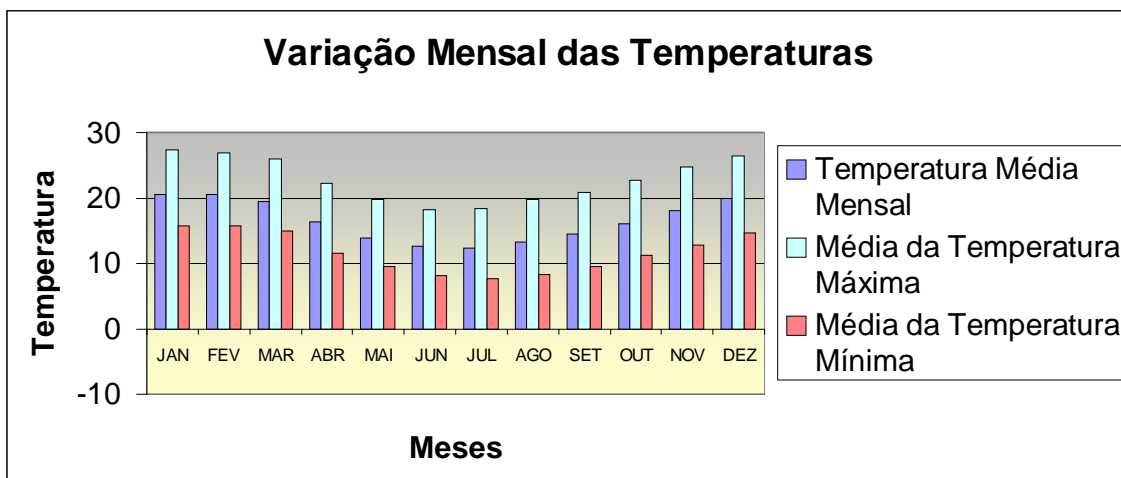
Da mesma forma, pode-se constatar uma variação na amplitude térmica das temperaturas médias mensais, médias das máximas e média das mínimas das demais estações utilizadas neste estudo. Estas

variações estão demonstradas nas **figuras 19 a 28** para cada estação meteorológica, respectivamente, onde constam os valores de amplitude da temperatura média mensal, a maior média da temperatura máxima e a menor média da temperatura mínima observada, com os seus meses de ocorrência.

O Estado de Santa Catarina, mais especificamente, a região onde abrange o Projeto Oeste de Santa Catarina, caracteriza-se por ser uma região onde a variação na altitude é expressiva, existindo regiões com altitude de 200 até 1400 metros. Este relevo por sua vez, proporciona o aparecimento de chuvas orográficas e convectivas regionais afetando na espacialidade das precipitações.

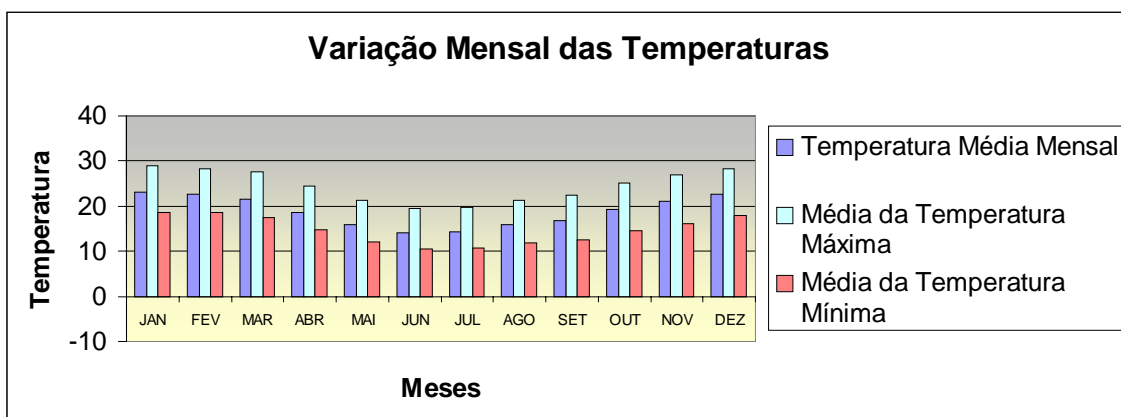


**Figura 17** - Classificação Climatológica do Estado de Santa Catarina segundo Köppen (Pandolfo, C. et. alli, 2002).



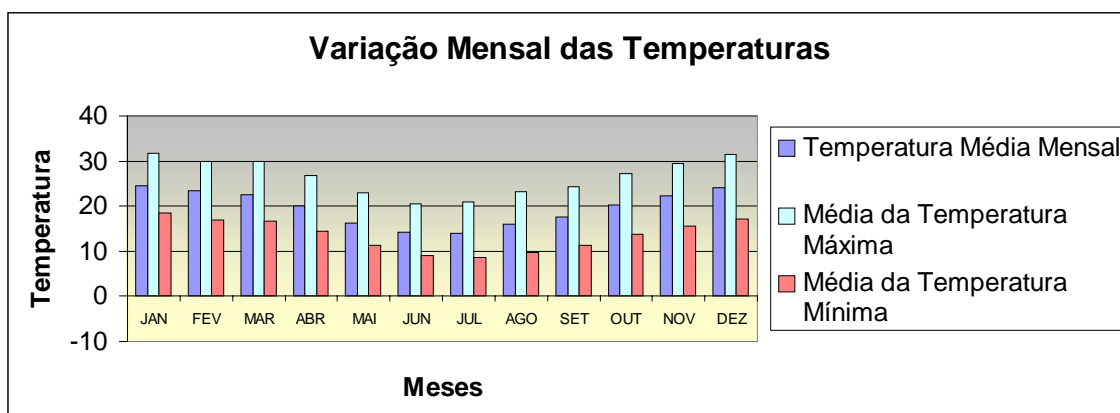
**Figura 18** - Variação Mensal das Temperaturas na Estação Meteorológica de Campos Novos em 39 anos de observação.

Amplitude da temperatura média mensal: entre 12,3 e 20,6° C;  
 Maior média da temperatura máxima: 27,4 °C – Mês: Janeiro;  
 Menor média da temperatura mínima: 7,7 °C – Mês: Julho.



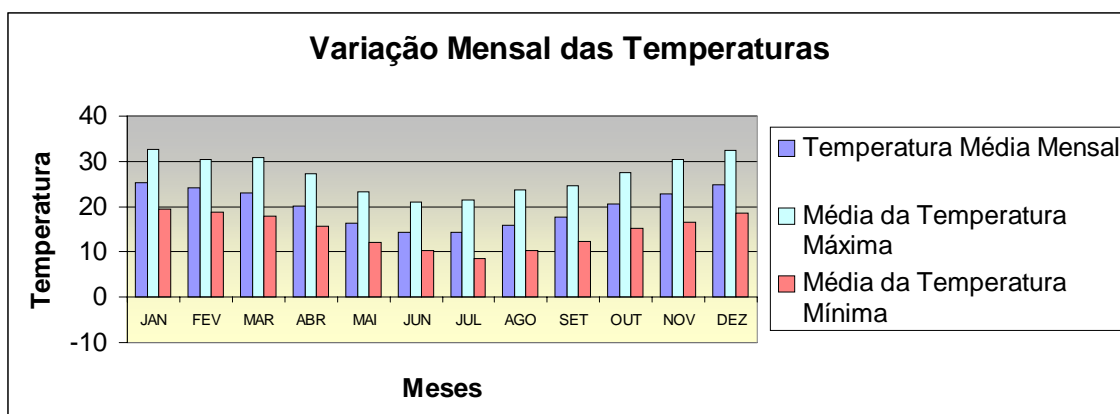
**Figura 19** - Variação Mensal das Temperaturas na Estação Meteorológica de Chapecó em 25 anos de observação.

Amplitude da temperatura média mensal: entre 14 e 23,2° C;  
 Maior média da temperatura máxima: 28,9 °C – Mês: Janeiro;  
 Menor média da temperatura mínima: 10,4 °C – Mês: Junho.



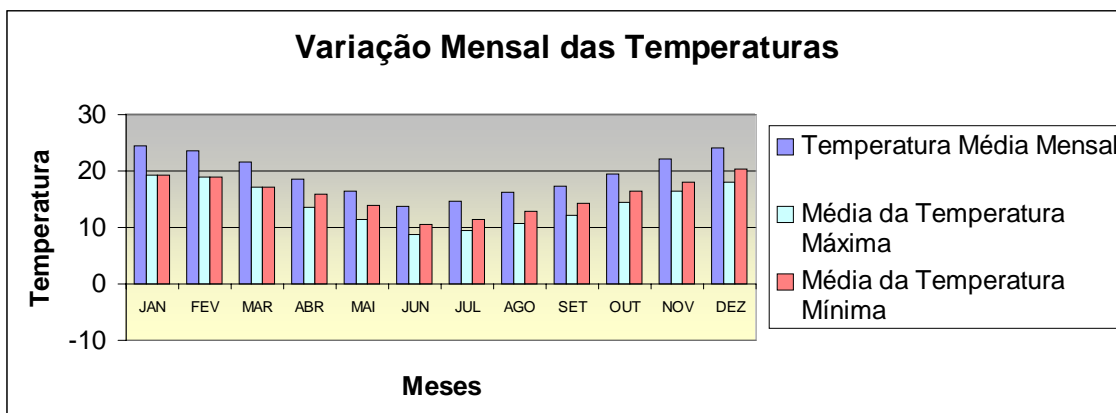
**Figura 20** - Variação Mensal das Temperaturas na Estação Meteorológica de Itá em 13 anos de observação.

Amplitude da temperatura média mensal: entre 14,1 e 24,5° C;  
 Maior média da temperatura máxima: 31,8 °C – Mês: Janeiro;  
 Menor média da temperatura mínima: 8,5 °C – Mês: Julho.



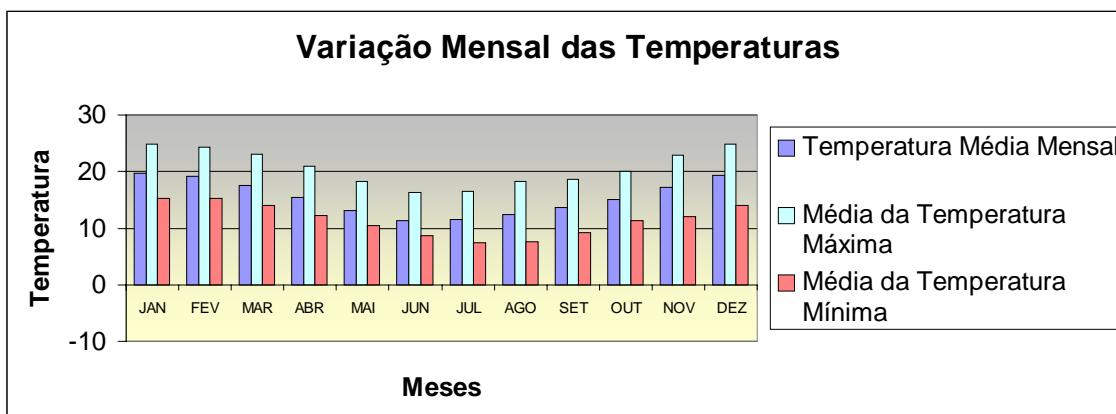
**Figura 21** - Variação Mensal das Temperaturas na Estação Meteorológica de Itapiranga em 9 anos de observação.

Amplitude da temperatura média mensal: entre 14,3 e 25,3° C;  
 Maior média da temperatura máxima: 32,7 °C – Mês: Janeiro;  
 Menor média da temperatura mínima: 8,6 °C – Mês: Julho.



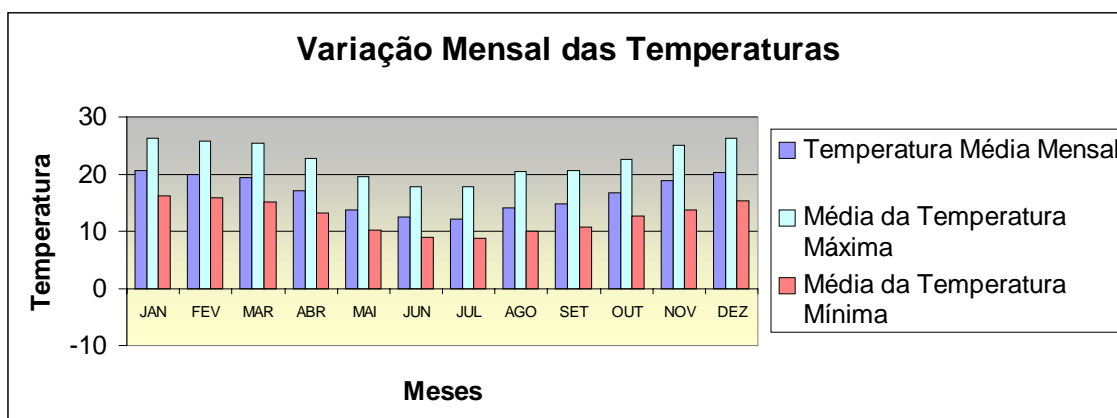
**Figura 22** - Variação Mensal das Temperaturas na Estação Meteorológica de Marcelino Ramos em 4 anos de observação.

Amplitude da temperatura média mensal: entre 14,3 e 25,3° C;  
 Maior média da temperatura máxima: 32,7 °C – Mês: Janeiro;  
 Menor média da temperatura mínima: 8,6 °C – Mês: Julho.



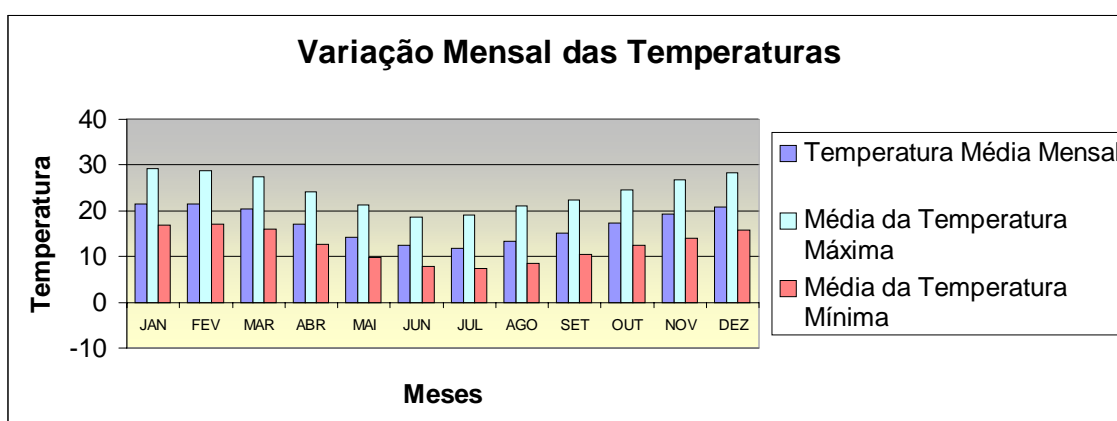
**Figura 23** - Variação Mensal das Temperaturas na Estação Meteorológica de Matos Costa em 6 anos de observação.

Amplitude da temperatura média mensal: entre 11,3 e 19,7° C;  
 Maior média da temperatura máxima: 24,9 °C – Mês: Dezembro;  
 Menor média da temperatura mínima: 7,5 °C – Mês: Julho.



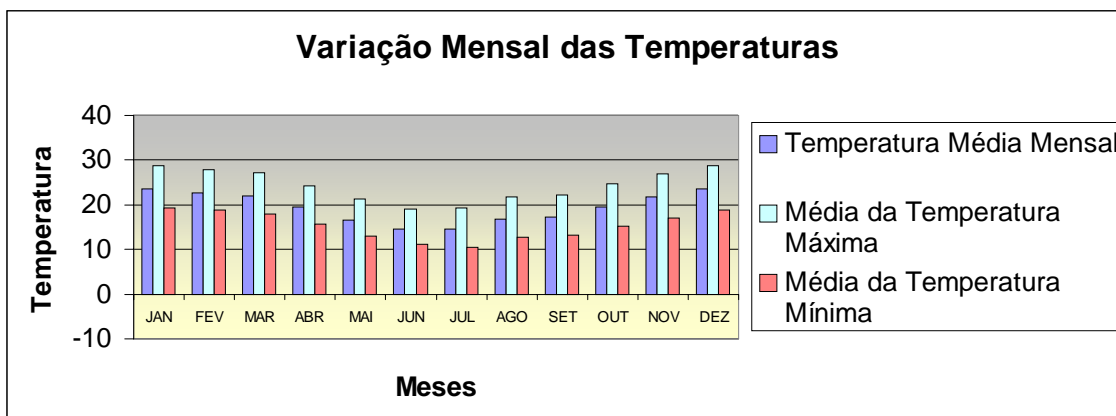
**Figura 24** - Variação Mensal das Temperaturas na Estação Meteorológica de Ponte Serrada em 10 anos de observação.

Amplitude da temperatura média mensal: entre 12,1 e 20,7° C;  
 Maior média da temperatura máxima: 26,3 °C – Meses: Janeiro e Dezembro;  
 Menor média da temperatura mínima: 8,8 °C – Mês: Julho.



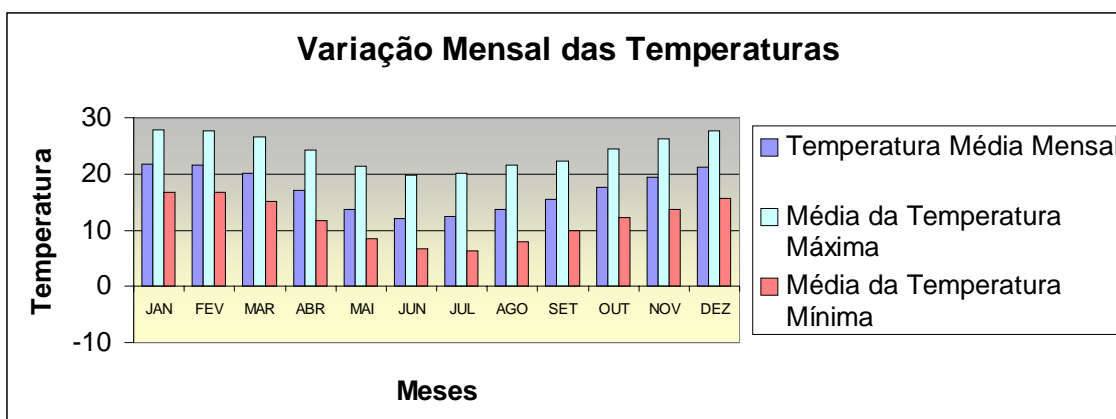
**Figura 25** - Variação Mensal das Temperaturas na Estação Meteorológica de Porto União em 36 anos de observação.

Amplitude da temperatura média mensal: entre 11,8 e 21,6° C;  
 Maior média da temperatura máxima: 29,1 °C – Mês: Janeiro;  
 Menor média da temperatura mínima: 7,3 °C – Mês: Julho.



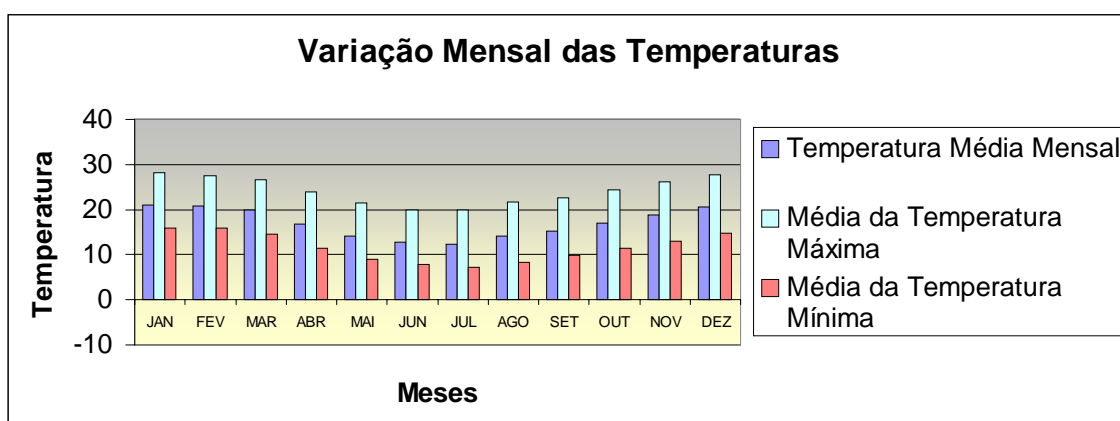
**Figura 26** - Variação Mensal das Temperaturas na Estação Meteorológica de São Miguel do Oeste em 10 anos de observação.

Amplitude da temperatura média mensal: entre 14,5 e 23,5° C;  
 Maior média da temperatura máxima: 28,8 °C – Mês: Janeiro;  
 Menor média da temperatura mínima: 10,6 °C – Mês: Julho.



**Figura 27** - Variação Mensal das Temperaturas na Estação Meteorológica de Videira em 27 anos de observação.

Amplitude da temperatura média mensal: entre 12,1 e 21,7° C;  
 Maior média da temperatura máxima: 27,8 °C – Mês: Janeiro;  
 Menor média da temperatura mínima: 6,4 °C – Mês: Julho.



**Figura 28** - Variação Mensal das Temperaturas na Estação Meteorológica de Xanxerê em 54 anos de observação.

Amplitude da temperatura média mensal: entre 12,4 e 21,1° C;

Maior média da temperatura máxima: 28,1 °C – Mês: Janeiro;

Menor média da temperatura mínima: 7,1 °C – Mês: Julho.

#### 4.2.2. Precipitação Pluviométrica

Além disso, a região em estudo encontra-se localizada em uma zona de transição climática, do clima sub-tropical para tropical. Diante deste fato, ocorre grande influência das massas de ar quentes oriundas da região central da América do Sul que ao encontrarem massas de ar frias, de origem polar sul, proporcionam a ocorrência de chuvas frontais. Este fenômeno normalmente ocorre nos períodos de primavera e outono na região.

Para fins deste estudo, obteve-se informações das estações meteorológicas da EPAGRI e das estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas - ANA. A relação das estações da ANA empregada no estudo, com seu respectivo código, nome, localização geográfica (latitude e longitude), altitude e precipitação média anual, está relacionada na **Tabela III**. A partir destas informações realizou-se o traçado de isolinhas de mesma precipitação, onde se verificou a grande influência da espacialidade da precipitação na região, conforme **Figura 29**.

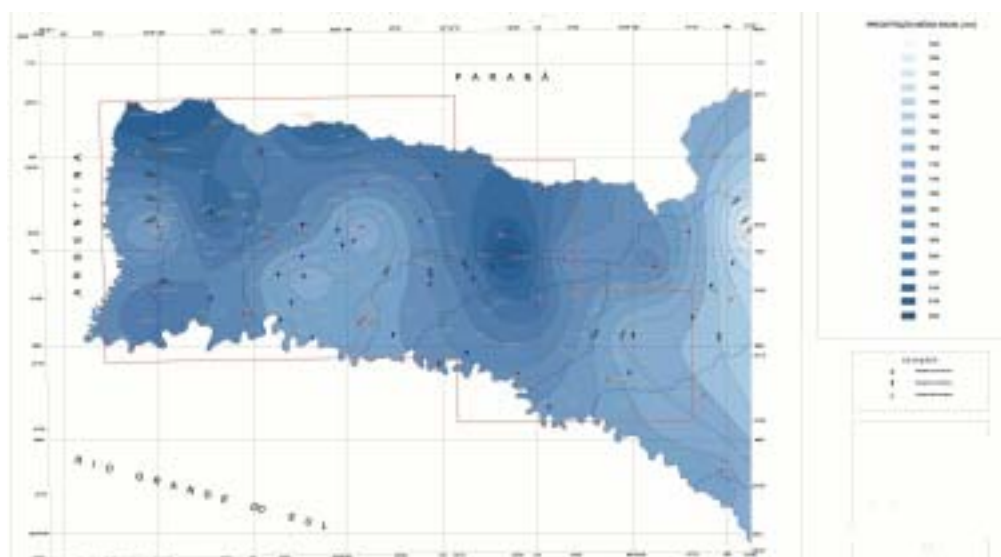
Código	Nome da Estação Pluviométrica	Latitude			Longitude			Altitude (m)	Precipitação Média Anual (mm)
		Grau	Min.	Seg.	Grau	Min.	Seg.		
2650019	LEBON REGIS	-26	55	48	-50	41	17	1000	1712,4
2651001	CAMPINA DA ALEGRIA	-26	52	24	-51	47	47	1000	1857,7
2651002	CAÇADOR	-26	46	0	-51	0	0	920	1330,3
2651022	SANTO AGOSTINHO	-26	36	31	-51	52	54	1250	2024,6
2651036	QUILOMETRO 30	-26	46	33	-51	15	46	1133	1762,6
2651040	PONTE SERRADA	-26	51	42	-52	1	9	1000	2215,7
2651052	SALTO VELOSO	-26	54	24	-51	24	35	1000	1916,5
2652000	ABELARDO LUZ	-26	33	22	-52	19	51	760	2002,5
2652001	BONITO	-26	57	9	-52	10	57	600	1986,2
2652002	MARATÁ	-26	35	2	-52	38	25	550	1910,3
2652004	PASSO NOVA ERECHIM	-26	56	0	-52	54	0	280	1716,4

**Tabela III** - Relação das estações pluviométricas utilizadas no estudo do Projeto Oeste de Santa Catarina (*continua*).

Código	Nome da Estação Pluviométrica	Latitude			Longitude			Altitude (m)	Precipitação Média Anual (mm)
		Grau	Min.	Seg.	Grau	Min.	Seg.		
2652005	PORTO ELVINO	-26	45	0	-52	39	0	360	1677,8
2652021	JARDINÓPOLIS	-26	44	10	-52	54	1	360	1931,7
2652031	SÃO LOURENÇO DO OESTE	-26	21	1	-52	50	17	720	2123,1
2652034	PORTO FAE NOVO	-26	48	59	-52	44	0	360	1776,2
2653001	CAMPO ERÊ DNAEE-EMPASC	-26	26	48	-53	4	49	920	1940,3
2653002	DIONÍSIO CERQUEIRA	-26	15	55	-53	37	15	800	2158,3
2653003	MODELO	-26	46	57	-53	3	9	530	1950,6
2653004	PONTE DO SARGENTO	-26	40	53	-53	17	17	320	2094,6
2653005	SÃO JOSÉ DO CEDRO	-26	27	16	-53	29	48	720	2081,4
2653006	SÃO MIGUEL D'OESTE I	-26	44	0	-53	31	0	400	1759,7
2653007	SAUDADES	-26	55	36	-53	0	28	280	1770,5
2653013	PALMA SOLA	-26	21	22	-53	16	34	850	2093,1
2749009	RIO BONITO	-27	42	0	-49	50	0	900	1489,2
2749031	VILA CANOAS	-27	48	9	-49	46	41	900	1428,8
2749032	SANTA CLARA	-28	43	43	-53	11	9	900	1627,6
2749035	BOCAINA DO SUL	-27	44	39	-49	56	39	900	1629,8
2750001	CAMPO BELO DO SUL	-27	54	0	-50	45	1	980	1681,3
2750003	ENCRUZILHADA II	-27	48	30	-50	19	43	820	1515,8
2750004	FRAIBURGO I	-27	1	0	-50	55	0	1100	1515
2750007	PAINEL	-27	55	17	-50	5	55	1196	1564,6
2750008	PASSO CARU	-27	32	16	-50	51	35	720	1538,6
2750009	PASSO MAROMBAS	-27	19	51	-50	45	3	829	1537,9
2750010	PONTE ALTA DO NORTE	-27	9	45	-50	28	0	980	1560,7
2750011	PONTE ALTA DO SUL	-27	28	51	-50	23	4	840	1463,4
2750012	PONTE DO RIO ANTINHAS	-27	20	41	-50	26	2	940	1520,8
2750013	PONTE DO RIO CORRENTE	-27	4	0	-50	39	0	800	1476,3
2750020	SÃO JOSÉ DO CERRITO	-27	39	38	-50	34	59	920	1664,8
2751001	ANITA GARIBALDI	-27	41	32	-51	7	46	800	1784,9
2751004	JOAÇABA	-27	10	18	-51	30	1	560	1653,8
2751011	IRANI	-27	3	4	-51	54	44	1040	2039,7
2751012	CAPINZAL	-27	20	32	-51	36	30	498	1783,8
2752003	USINA CHAPECÓ (FLCSA)	-27	7	0	-52	40	0	500	1789,8
2752004	CHAPECÓ-AGROPECUARIA	-27	6	0	-52	39	0	400	1834
2752005	CONCÓRDIA	-27	18	52	-51	59	36	600	1890,5
2753006	PALMITOS	-27	4	16	-53	9	32	400	1926,1
2753013	IPORÃ	-26	59	51	-53	31	55	557	1988,5
2849003	SÃO JOAQUIM	-28	17	0	-49	56	0	1400	1386,4
2849009	BOM JARDIM DA SERRA	-28	20	0	-49	37	0	1200	1460,1
2849021	URUBICI	-27	59	19	-49	34	39	997	1521,7
2849023	DESPRAIADO	-28	22	5	-49	48	15	1080	1680
2850004	COXILHA RICA	-28	9	8	-50	26	27	930	1411
2850015	ESCURINHO	-28	4	56	-50	27	18	1000	1583

**Tabela III** - Relação das estações pluviométricas utilizadas no estudo do Projeto Oeste de Santa Catarina (*continuação*).





**Figura 29** - Variação Espacial da Precipitação na área de atuação do Projeto Oeste de Santa Catarina

Através da **Figura 29**, observa-se que a variação espacial das precipitações é influenciada pelo relevo da região, concentrando-se na região norte do oeste e meio-oeste do Estado de Santa Catarina. Além disso, ocorre uma diminuição dos valores precipitados na direção oeste para leste, variando entre desde 2200 à 1300 mm anuais.

#### 4.2.3 - Balanço Hídrico

Constatou-se uma grande variação espacial e sazonal do balanço hídrico mensal climatológico na área em estudo empregando a metodologia desenvolvida por THORNTHWAITE e MATHER (1957) com uma capacidade de armazenamento de água no solo de 100 mm. Observou-se este mesmo comportamento da espacialidade de sazonalidade no trabalho desenvolvido por ALTHOFF (1981). Este autor ainda cita que os meses de outono e inverno são os que mais apresente excessos hídricos

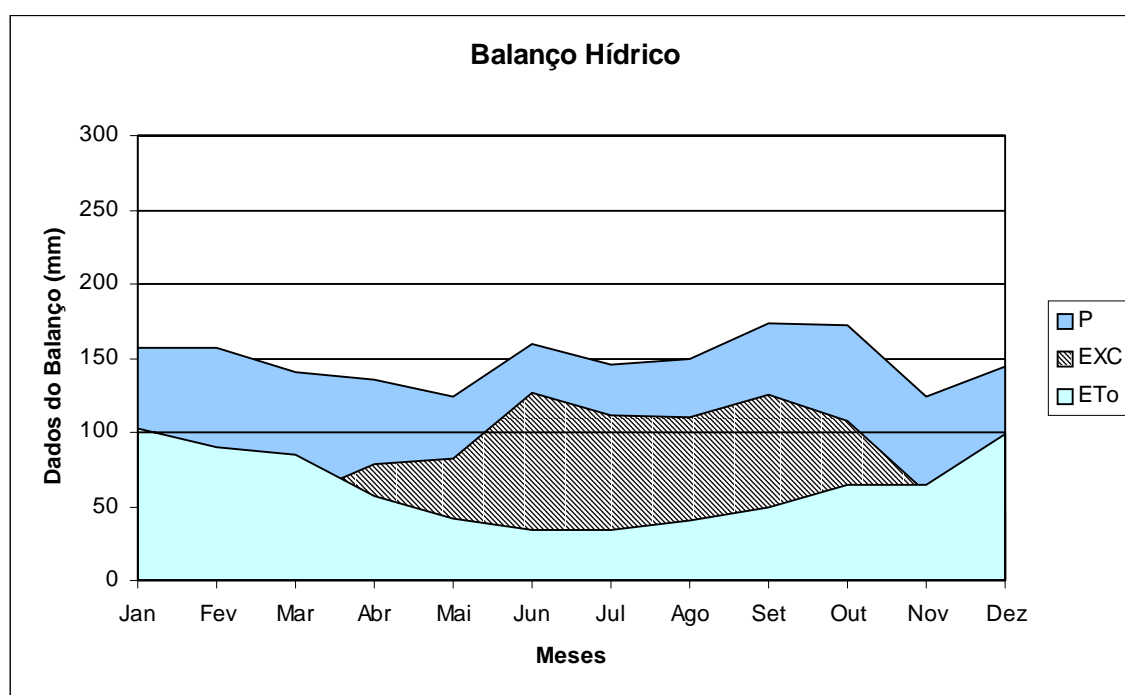
mensais. O mesmo ainda relata que não encontrou nenhum valor de deficiência hídrica mensal para as estações da área em estudo. O mesmo resultado encontrado por ALTHOFF (1981) observou-se neste trabalho, onde foram utilizadas novas estações meteorológicas e ampliou-se número de anos de observação.

A partir da metodologia relatada acima, realizou-se o balanço hídrico climatológico para 11 (onze) estações meteorológicas na área de estudo. Como resultado deste, os valores encontrados para a Estação de Campos Novos estão demonstrados no **Quadro 1**.

A representação gráfica do **Quadro 1** está demonstrada na **Figura 30**, onde se observam os valores de precipitação, evapotranspiração, armazenamento de água no solo, excesso e déficit hídrico para esta estação.

Capacidade de Armazenamento do Solo: 100 mm												
Mês	t °C	i	Corr	E	ET <sub>o</sub>	P	P-ET <sup>o</sup>	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	20,6	8,5	35,11	2,95	103	157	54	100,0	0	103	54	0
Fev	20,6	8,5	30,46	2,95	90	157	67	100,0	0	90	67	0
Mar	19,5	7,9	31,69	2,69	85	141	56	100,0	0	85	56	0
Abr	16,3	6,0	28,53	1,99	57	135	78	100,0	0	57	78	0
Mai	13,8	4,7	27,93	1,51	42	124	82	100,0	0	42	82	0
Jun	12,7	4,1	26,12	1,32	34	160	126	100,0	0	34	126	0
Jul	12,3	3,9	27,37	1,25	34	146	112	100,0	0	34	112	0
Ago	13,2	4,3	28,74	1,40	40	150	110	100,0	0	40	110	0
Set	14,5	5,0	29,72	1,64	49	174	125	100,0	0	49	125	0
Out	16,1	5,9	32,73	1,95	64	172	108	100,0	0	64	108	0
Nov	19,9	7,0	33,46	1,95	65	124	59	100,0	0	65	59	0
Dez	19,9	8,1	35,55	2,78	99	144	45	100,0	0	99	45	0
Ano	16,6	73,9			762	1784	1022	1200	0	762	1022	0

**Quadro 1** - Balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Campos Novos.

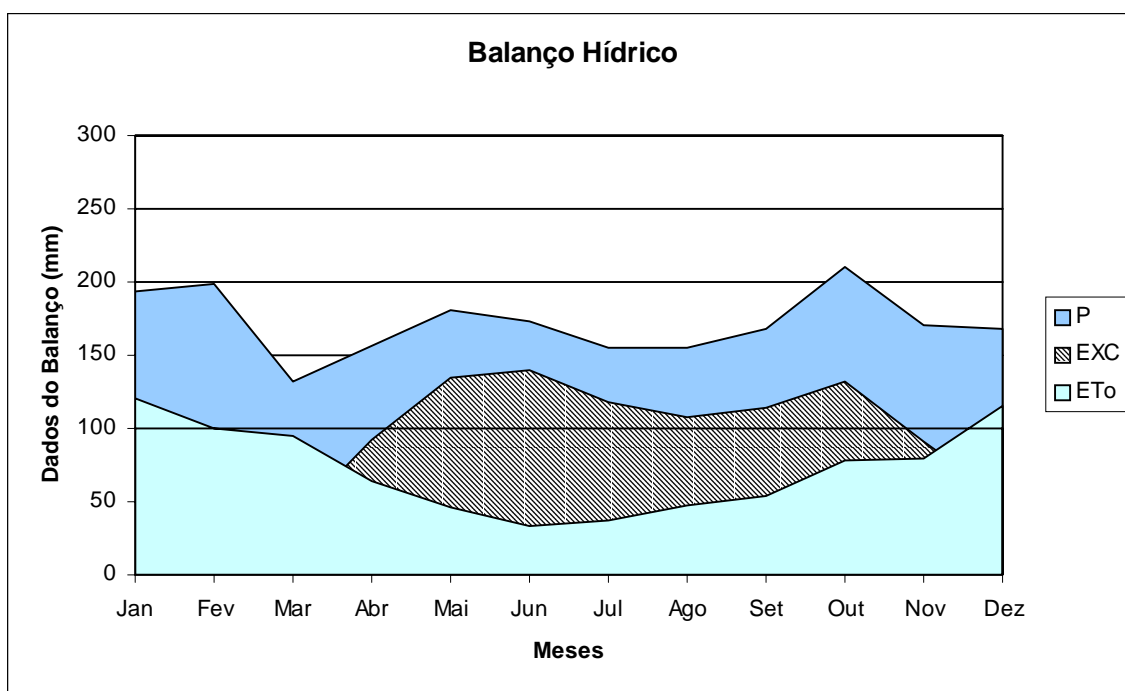


**Figura 30** - Representação gráfica do balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Campos Novos.

Da mesma forma, pode-se constatar o balanço hídrico mensal para as demais estações utilizadas do estudo nos **quadros 2 a 11**. As representações gráficas destes balanços são apresentadas nas **figuras 31 a 40** para cada estação meteorológica, respectivamente.

Capacidade de Armazenamento do Solo: 100 mm												
Mês	t °C	i	Corr	E	ETo	P	P-ET <sup>o</sup>	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	23,2	10,2	35,06	3,45	121	194	73	100,0	0	121	73	0
Fev	22,7	9,9	30,43	3,30	100	199	99	100,0	0	100	99	0
Mar	21,6	9,2	31,68	2,99	95	132	37	100,0	0	95	37	0
Abr	18,7	7,4	28,55	2,25	64	156	92	100,0	0	64	92	0
Mai	15,9	5,8	27,97	1,63	46	181	135	100,0	0	46	135	0
Jun	14,0	4,8	26,17	1,27	33	173	140	100,0	0	33	140	0
Jul	14,4	5,0	27,42	1,34	37	155	118	100,0	0	37	118	0
Ago	15,9	5,8	28,77	1,63	47	155	108	100,0	0	47	108	0
Set	16,8	6,3	29,72	1,82	54	168	114	100,0	0	54	114	0
Out	19,3	7,7	32,71	2,39	78	210	132	100,0	0	78	132	0
Nov	22,6	8,8	33,43	2,39	80	171	91	100,0	0	80	91	0
Dez	22,6	9,8	35,50	3,27	116	168	52	100,0	0	116	52	0
Ano	19,0	90,7			871	2062	1191	1200	0	871	1191	0

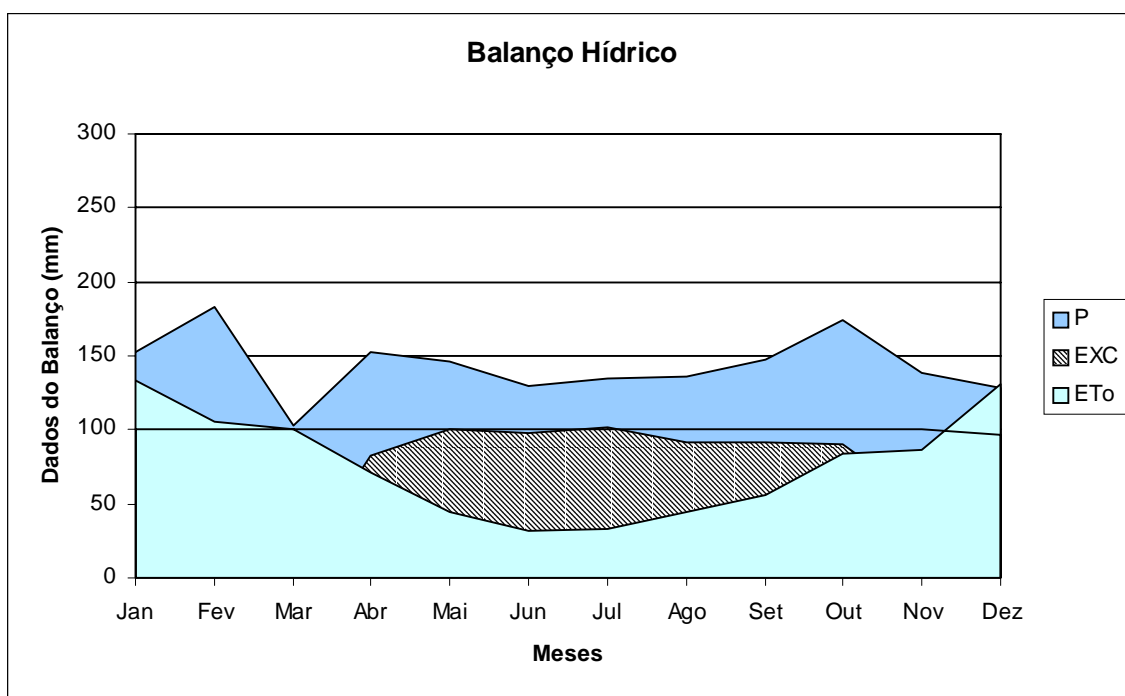
**Quadro 2** - Balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Chapecó.



**Figura 31** - Representação gráfica do balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Chapecó.

Capacidade de Armazenamento do Solo: 100 mm												
Mês	t °C	i	Corr	E	ETo	P	P-ET <sup>0</sup>	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	24,5	11,1	35,09	3,81	134	153	19	100,0	3	134	19	0
Fev	23,4	10,3	30,45	3,46	105	183	78	100,0	0	105	78	0
Mar	22,5	9,7	31,69	3,19	101	103	2	100,0	0	101	2	0
Abr	20,0	8,2	28,53	2,49	71	153	82	100,0	0	71	82	0
Mai	16,2	5,9	27,94	1,60	45	146	101	100,0	0	45	101	0
Jun	14,2	4,9	26,14	1,21	32	130	98	100,0	0	32	98	0
Jul	14,1	4,8	27,39	1,19	33	135	102	100,0	0	33	102	0
Ago	16,0	5,8	28,75	1,56	45	136	91	100,0	0	45	91	0
Set	17,5	6,7	29,72	1,88	56	147	91	100,0	0	56	91	0
Out	20,3	8,3	32,72	2,57	84	174	90	100,0	0	84	90	0
Nov	24,1	9,6	33,45	2,57	86	138	52	100,0	0	86	52	0
Dez	24,1	10,8	35,54	3,68	131	128	-3	97,0	-3	131	-3	0
Ano	19,7	96,1			923	1726	803	1197	0	923	803	0

**Quadro 3 -** Balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Itá.



**Figura 32 -** Representação gráfica do balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Itá.

Capacidade de Armazenamento do Solo: 100 mm												
Mês	t °C	i	Corr	E	ET <sub>o</sub>	P	P-ET <sup>o</sup>	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	25,3	11,6	35,07	4,07	143	169	26	100,0	3	143	26	0
Fev	24,1	10,8	30,44	3,66	111	212	101	100,0	0	111	101	0
Mar	23,0	10,1	31,68	3,31	105	148	43	100,0	0	105	43	0
Abr	20,2	8,3	28,54	2,50	71	162	91	100,0	0	71	91	0
Mai	16,3	6,0	27,96	1,57	44	154	110	100,0	0	44	110	0
Jun	14,4	5,0	26,16	1,20	31	173	142	100,0	0	31	142	0
Jul	14,3	4,9	27,41	1,18	32	133	101	100,0	0	32	101	0
Ago	16,0	5,8	28,76	1,51	43	134	91	100,0	0	43	91	0
Set	26,3	6,8	29,72	1,81	54	142	88	100,0	0	54	88	0
Out	20,5	8,5	32,72	2,58	84	236	152	100,0	0	84	152	0
Nov	22,8	9,9	33,44	3,25	109	139	30	100,0	0	109	30	0
Dez	24,9	11,4	35,52	3,93	140	156	16	97,0	-3	140	16	0
Ano	20,7	99,1			967	1958	991	1197	0	967	991	0

Quadro 4 - Balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Itapiranga.

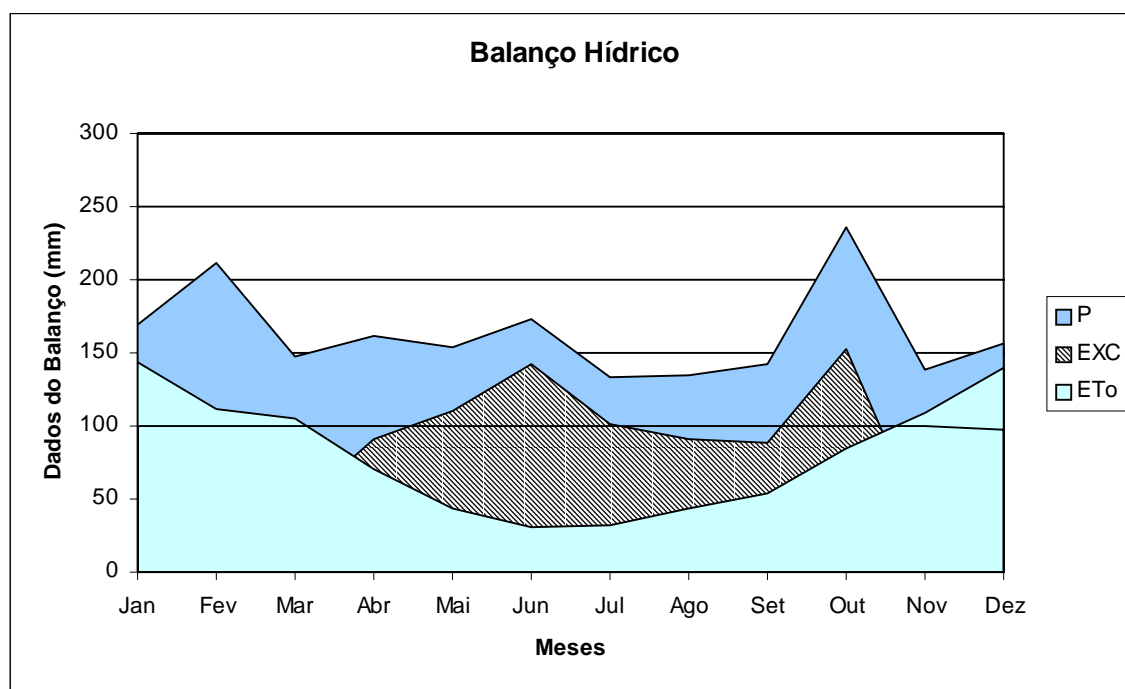
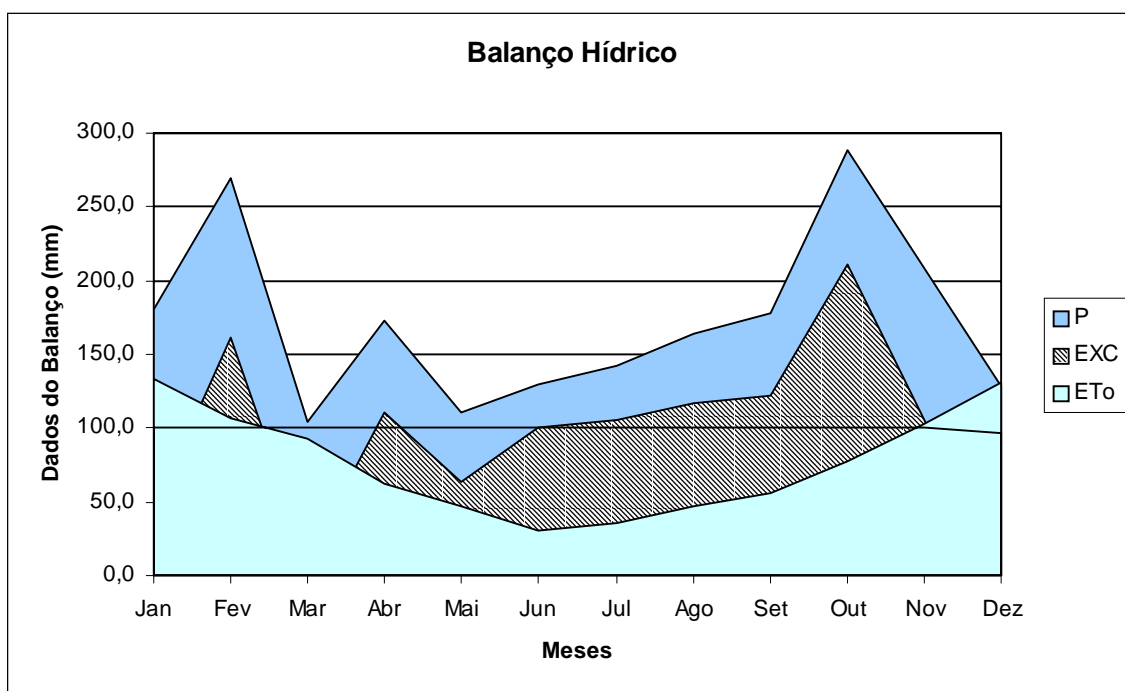


Figura 33 - Representação gráfica do balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Itapiranga.

Capacidade de Armazenamento do Solo: 100 mm												
Mês	t °C	i	Corr	E	ETo	P	P-ET <sup>o</sup>	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	24,5	11,1	35,05	3,82	134,0	181,0	47,0	100,0	3,0	134,0	44,0	0,0
Fev	23,5	10,4	30,42	3,50	107,0	269,0	162,0	100,0	0,0	107,0	162,0	0,0
Mar	21,6	9,2	31,68	2,94	93,0	104,0	11,0	100,0	0,0	93,0	11,0	0,0
Abr	18,6	7,3	28,55	2,16	62,0	173,0	111,0	100,0	0,0	62,0	111,0	0,0
Mai	16,4	6,0	27,98	1,67	47,0	110,0	63,0	100,0	0,0	47,0	63,0	0,0
Jun	13,7	4,6	26,19	1,15	30,0	130,0	100,0	100,0	0,0	30,0	100,0	0,0
Jul	14,6	5,1	27,43	1,31	36,0	142,0	106,0	100,0	0,0	36,0	106,0	0,0
Ago	16,3	6,0	28,78	1,65	47,0	164,0	117,0	100,0	0,0	47,0	117,0	0,0
Set	17,4	6,6	29,73	1,88	56,0	178,0	122,0	100,0	0,0	56,0	122,0	0,0
Out	19,4	7,8	32,71	2,36	77,0	288,0	211,0	100,0	0,0	77,0	211,0	0,0
Nov	22,1	9,5	33,41	3,09	103,0	208,0	105,0	100,0	0,0	103,0	105,0	0,0
Dez	24,1	10,8	35,49	3,69	131,0	128,0	-3,0	97,0	-3,0	131,0	0,0	0,0
Ano	19,4	94,4			923	2075	1152	1197	0	923	1152	0

**Quadro 5 -** Balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Marcelino Ramos.



**Figura 34 -** Representação gráfica do balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Marcelino Ramos.

Capacidade de Armazenamento do Solo: 100 mm												
Mês	t °C	i	Corr	E	ETo	P	P-ET <sup>o</sup>	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	19,7	8,0	34,96	2,83	99	235	136	100,0	0	99	136	0
Fev	19,2	7,7	30,37	2,72	83	204	121	100,0	0	83	121	0
Mar	17,6	6,7	31,67	2,38	75	175	100	100,0	0	75	100	0
Abr	15,5	5,5	28,60	1,95	56	131	75	100,0	0	56	75	0
Mai	13,1	4,3	28,06	1,50	42	100	58	100,0	0	42	58	0
Jun	11,3	3,4	26,28	1,19	31	158	127	100,0	0	31	127	0
Jul	11,5	3,5	27,53	1,23	34	123	89	100,0	0	34	89	0
Ago	12,4	4,0	28,84	1,38	40	67	27	100,0	0	40	27	0
Set	13,7	4,6	29,74	1,61	48	169	121	100,0	0	48	121	0
Out	15,0	5,3	32,67	1,85	61	184	123	100,0	0	61	123	0
Nov	19,4	6,5	33,34	1,85	62	149	87	100,0	0	62	87	0
Dez	19,4	7,8	35,39	2,77	98	144	46	100,0	0	98	46	0
Ano	15,7	67,3			729	1839	1110	1200	0	729	1110	0

Quadro 6 - Balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Matos Costa.

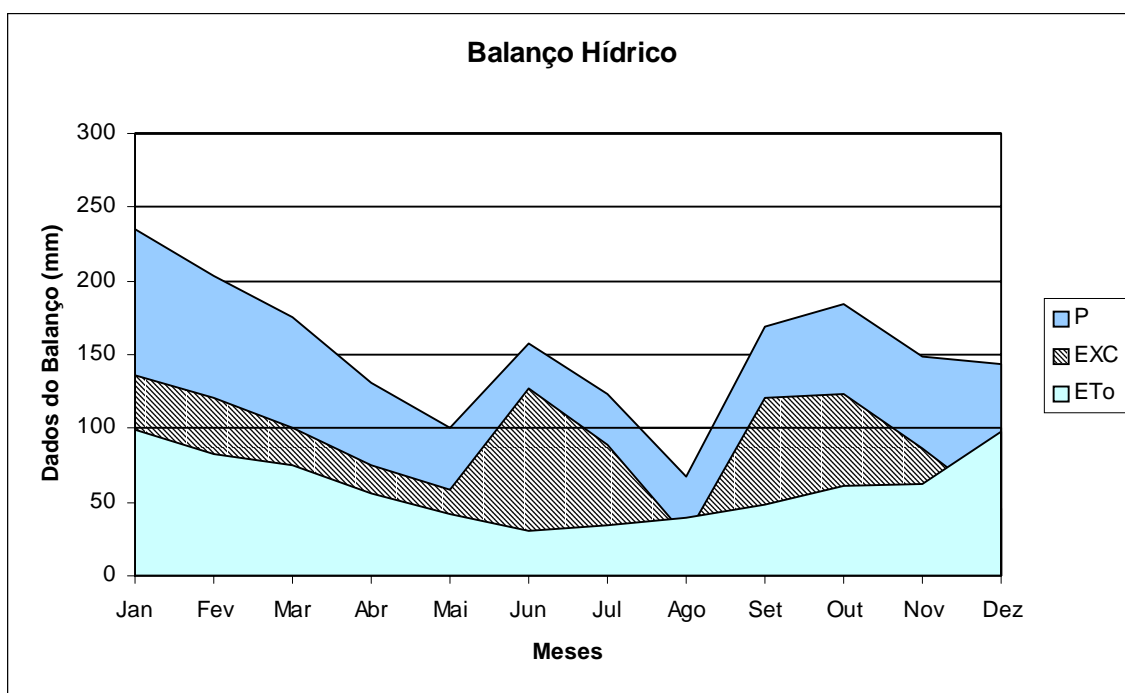
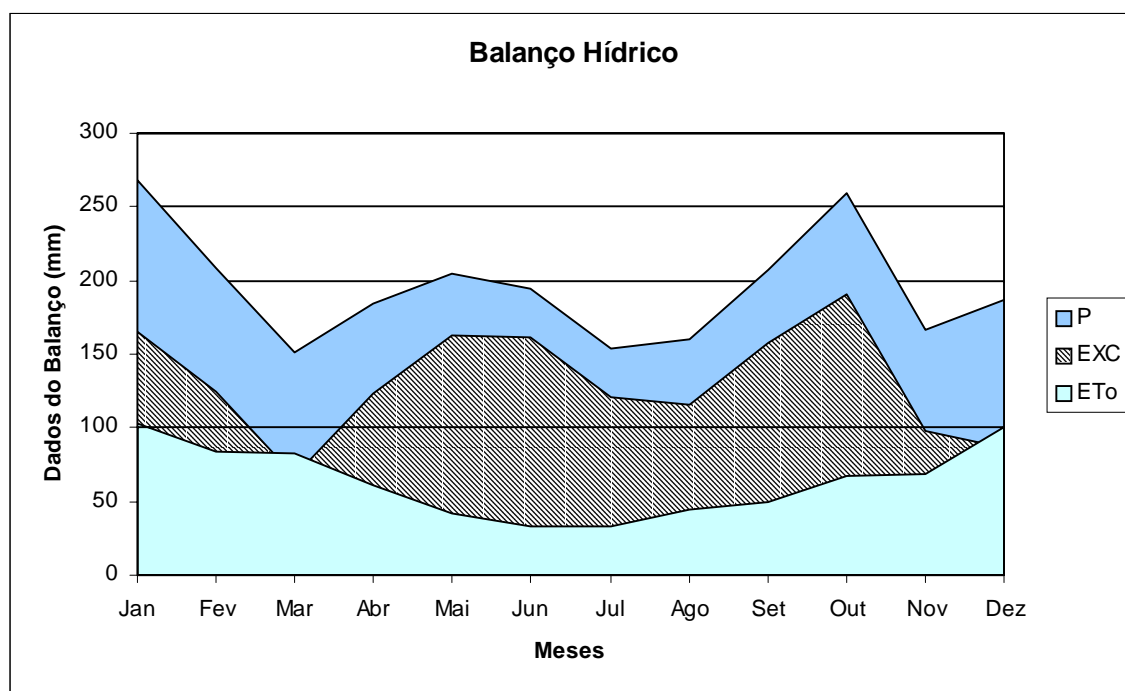


Figura 35 - Representação gráfica do balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Matos Costa.

Capacidade de Armazenamento do Solo: 100 mm												
Mês	t °C	i	Corr	E	ETo	P	P-ET <sup>0</sup>	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	20,7	8,6	35,02	2,95	103	268	165	100,0	0	103	165	0
Fev	19,9	8,1	30,41	2,76	84	208	124	100,0	0	84	124	0
Mar	19,3	7,7	31,68	2,63	83	151	68	100,0	0	83	68	0
Abr	17,0	6,4	28,57	2,12	61	184	123	100,0	0	61	123	0
Mai	13,8	4,7	28,00	1,49	42	205	163	100,0	0	42	163	0
Jun	12,4	4,0	26,22	1,24	33	194	161	100,0	0	33	161	0
Jul	12,1	3,8	27,46	1,19	33	154	121	100,0	0	33	121	0
Ago	14,0	4,8	28,80	1,53	44	160	116	100,0	0	44	116	0
Set	14,7	5,1	29,73	1,66	49	207	158	100,0	0	49	158	0
Out	16,8	6,3	32,70	2,08	68	259	191	100,0	0	68	191	0
Nov	20,3	7,4	33,39	2,08	69	167	98	100,0	0	69	98	0
Dez	20,3	8,3	35,46	2,86	101	187	86	100,0	0	101	86	0
Ano	16,8	75,2			770	2344	1574	1200	0	770	1574	0

**Quadro 7 -** Balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Ponte Serrada.

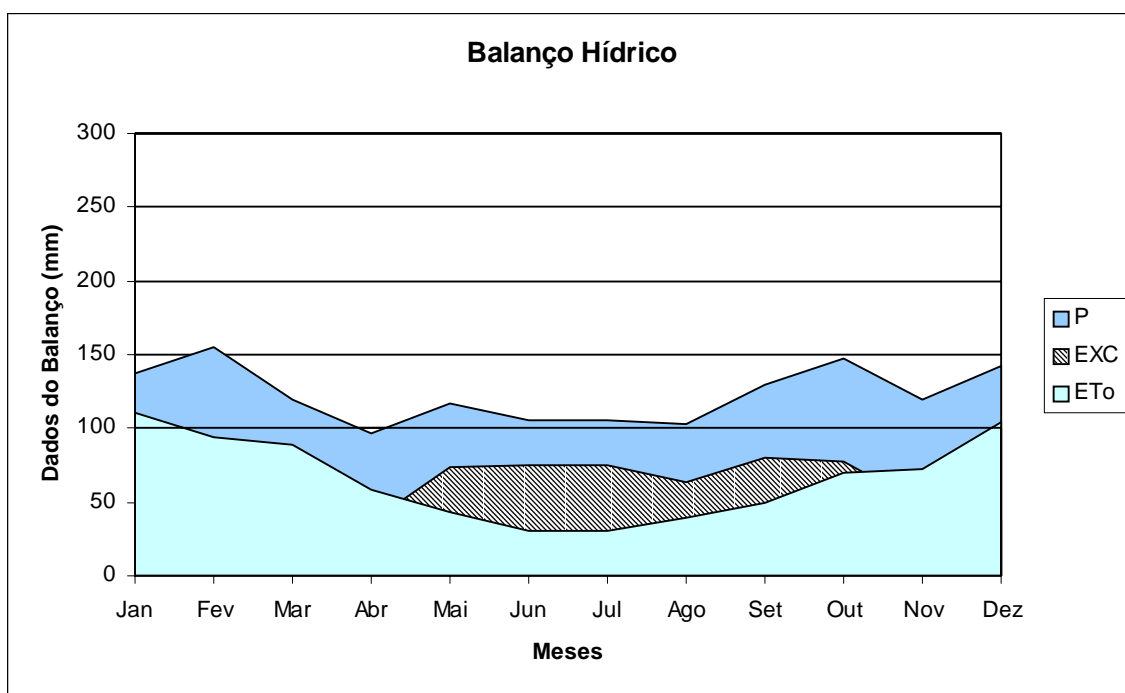


**Figura 36 -** Representação gráfica do balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Ponte Serrada.



Capacidade de Armazenamento do Solo: 100 mm												
Mês	t °C	i	Corr	E	ETo	P	P-ET <sup>o</sup>	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	21,6	9,2	34,92	3,14	110	137	27	100,0	0	110	27	0
Fev	21,5	9,1	30,35	3,11	94	155	61	100,0	0	94	61	0
Mar	20,3	8,3	31,67	2,82	89	120	31	100,0	0	89	31	0
Abr	17,0	6,4	28,61	2,06	59	96	37	100,0	0	59	37	0
Mai	14,3	4,9	28,09	1,53	43	117	74	100,0	0	43	74	0
Jun	12,4	4,0	26,33	1,19	31	106	75	100,0	0	31	75	0
Jul	11,8	3,7	27,57	1,09	30	105	75	100,0	0	30	75	0
Ago	13,4	4,4	28,87	1,36	39	103	64	100,0	0	39	64	0
Set	15,1	5,3	29,74	1,68	50	130	80	100,0	0	50	80	0
Out	17,4	6,6	32,66	2,15	70	147	77	100,0	0	70	77	0
Nov	20,8	7,7	33,31	2,15	72	120	48	100,0	0	72	48	0
Dez	20,8	8,7	35,34	2,94	104	142	38	100,0	0	104	38	0
Ano	17,2	78,3			791	1478	687	1200	0	791	687	0

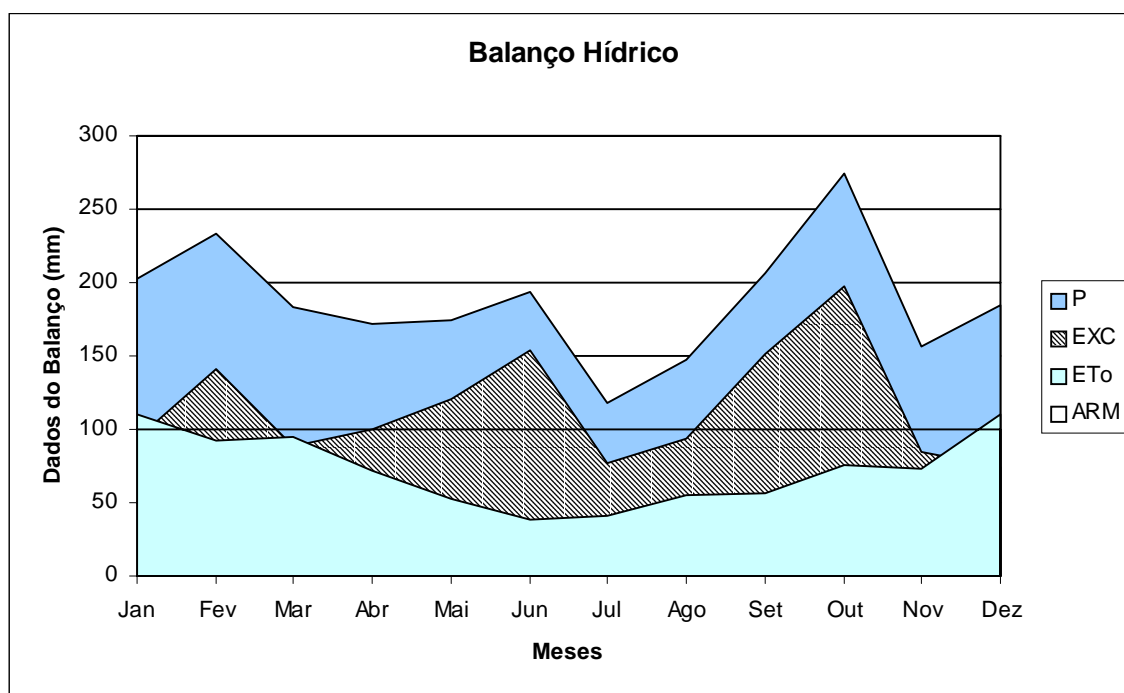
**Quadro 8** - Balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Porto União.



**Figura 37** - Representação gráfica do balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Porto União.

Capacidade de Armazenamento do Solo: 100 mm												
Mês	t °C	i	Corr	E	ET <sub>o</sub>	P	P-ET <sup>o</sup>	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	23,5	10,4	31,29	3,51	110	203	93	100,0	0	110	93	0
Fev	22,7	9,9	28,26	3,27	92	233	141	100,0	0	92	141	0
Mar	21,9	9,4	31,29	3,04	95	183	88	100,0	0	95	88	0
Abr	19,4	7,8	30,28	2,37	72	172	100	100,0	0	72	100	0
Mai	16,5	6,1	31,29	1,70	53	174	121	100,0	0	53	121	0
Jun	14,5	5,0	30,28	1,30	39	193	154	100,0	0	39	154	0
Jul	14,5	5,0	31,29	1,30	41	118	77	100,0	0	41	77	0
Ago	16,8	6,3	31,29	1,76	55	148	93	100,0	0	55	93	0
Set	17,2	6,5	30,28	1,85	56	207	151	100,0	0	56	151	0
Out	19,6	7,9	31,29	2,42	76	274	198	100,0	0	76	198	0
Nov	23,5	9,2	30,28	2,42	73	157	84	100,0	0	73	84	0
Dez	23,5	10,4	31,29	3,51	110	184	74	100,0	0	110	74	0
Ano	19,5	93,9			872	2246	1374	1200	0	872	1374	0

**Quadro 9** - Balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de São Miguel do Oeste.



**Figura 38** - Representação gráfica do balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de São Miguel do Oeste.

Capacidade de Armazenamento do Solo: 100 mm												
Mês	t °C	i	Corr	E	ETo	P	P-ET <sup>0</sup>	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	21,7	9,2	35,04	3,16	111	189	78	100,0	0	111	78	0
Fev	21,6	9,2	30,42	3,13	95	184	89	100,0	0	95	89	0
Mar	20,2	8,3	31,68	2,78	88	129	41	100,0	0	88	41	0
Abr	17,0	6,4	28,56	2,05	59	115	56	100,0	0	59	56	0
Mai	13,7	4,6	27,99	1,41	39	151	112	100,0	0	39	112	0
Jun	12,1	3,8	26,19	1,13	30	140	110	100,0	0	30	110	0
Jul	12,4	4,0	27,44	1,18	32	134	102	100,0	0	32	102	0
Ago	13,6	4,5	28,78	1,39	40	149	109	100,0	0	40	109	0
Set	15,4	5,5	29,73	1,73	51	154	103	100,0	0	51	103	0
Out	17,7	6,8	32,71	2,21	72	189	117	100,0	0	72	117	0
Nov	21,2	7,8	33,41	2,21	74	162	88	100,0	0	74	88	0
Dez	21,2	8,9	35,48	3,03	107	161	54	100,0	0	107	54	0
Ano	17,3	79,0			798	1857	1059	1200	0	798	1059	0

Quadro 10 - Balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Videira.

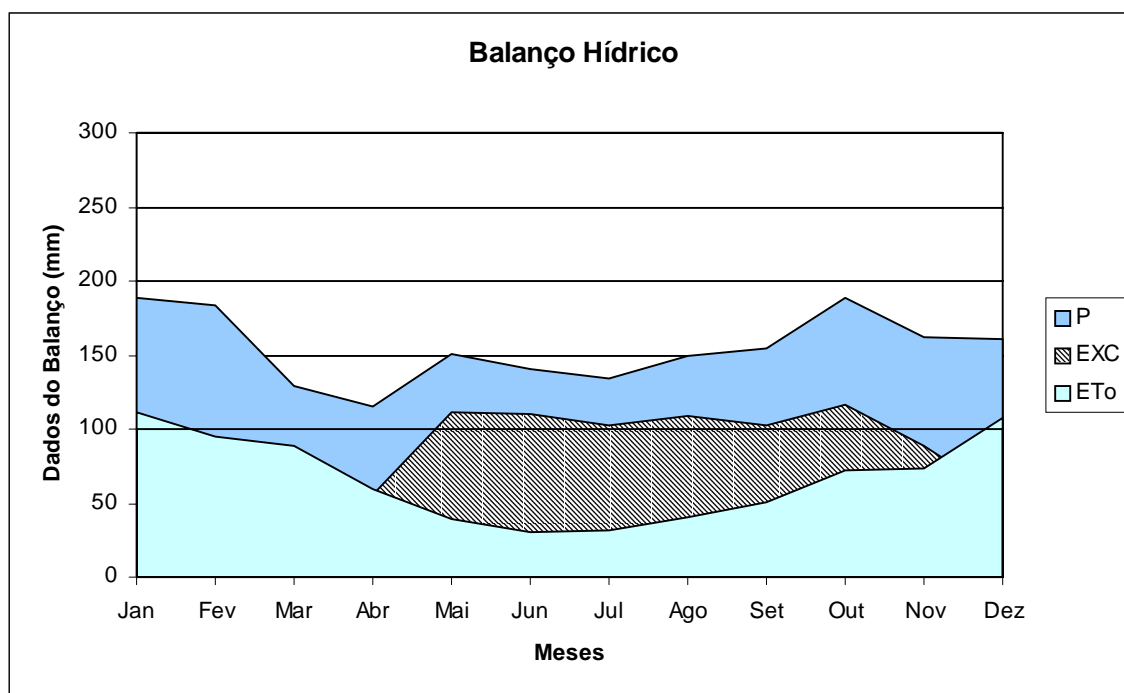


Figura 39 - Representação gráfica do balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Videira.

Capacidade de Armazenamento do Solo: 100 mm												
Mês	t °C	i	Corr	E	ETo	P	P-ET <sup>o</sup>	ARM	ALT	ER	EXC	DEF
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	21,1	8,8	35,02	3,02	106	225	119	100,0	0	106	119	0
Fev	20,9	8,7	30,41	2,97	90	194	104	100,0	0	90	104	0
Mar	19,8	8,0	31,68	2,71	86	173	87	100,0	0	86	87	0
Abr	16,8	6,3	28,57	2,04	58	160	102	100,0	0	58	102	0
Mai	14,2	4,9	28,01	1,53	43	172	129	100,0	0	43	129	0
Jun	12,8	4,2	26,22	1,27	33	191	158	100,0	0	33	158	0
Jul	12,4	4,0	27,46	1,21	33	157	124	100,0	0	33	124	0
Ago	14,0	4,8	28,80	1,49	43	175	132	100,0	0	43	132	0
Set	15,2	5,4	29,73	1,72	51	204	153	100,0	0	51	153	0
Out	17,0	6,4	32,70	2,08	68	229	161	100,0	0	68	161	0
Nov	20,5	7,5	33,39	2,08	70	159	89	100,0	0	70	89	0
Dez	20,5	8,5	35,45	2,88	102	168	66	100,0	0	102	66	0
Ano	17,1	77,5			783	2207	1424	1200	0	783	1424	0

Quadro 11 - Balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Xanxerê.

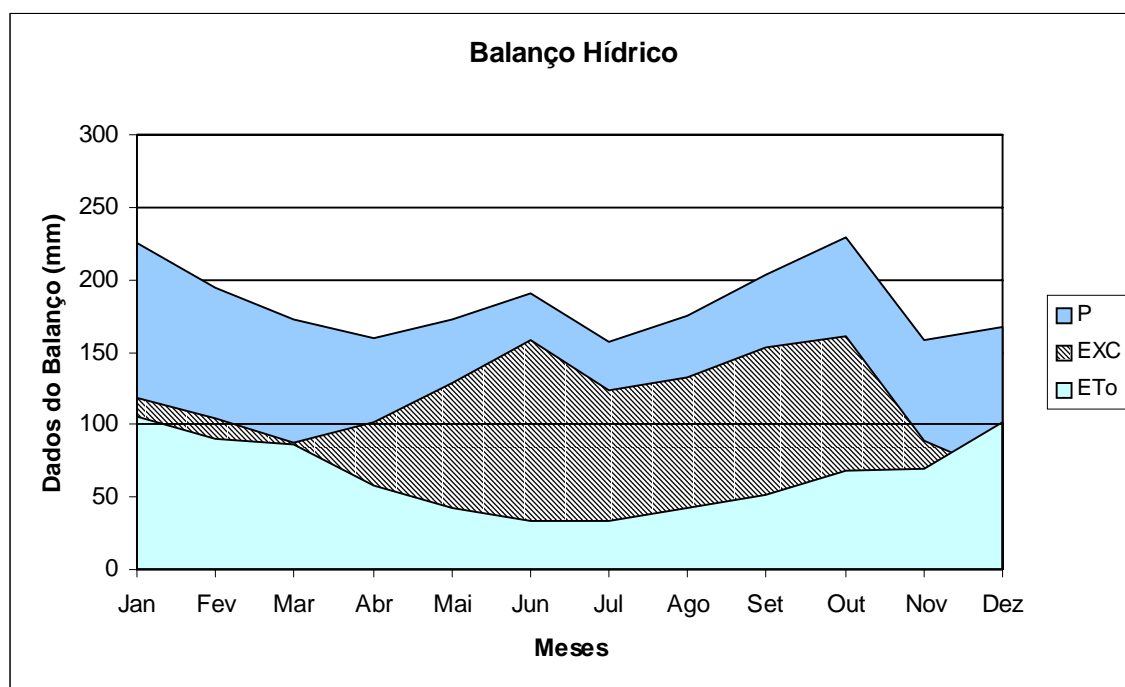


Figura 40 - Representação gráfica do balanço hídrico mensal da Estação Meteorológica de Xanxerê.

### 4.3 - Vazão Específica dos Rios

Na região de abrangência do Projeto Oeste de Santa Catarina, encontramos as bacias hidrográficas dos rios Peperiguaçu, das Antas, Chapecó, Irani, Jacutinga e Rio do Peixe, que são as principais em importância regional. Todas estas fazendo parte das três regiões hidrográficas caracterizadas anteriormente.

Em todas estas bacias hidrográficas encontramos atividades agropecuárias, industriais, geradoras de energia, de abastecimento público e esgotamento sanitário que utilizam os rios como fonte do recurso natural, ou como lançamento de resíduos. Conforme o trabalho Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral (SANTA CATARINA, 1997), a situação sobre a poluição superficial das águas está mais grave na região onde atuou este projeto, conforme podemos visualizar na **Figura 41**.

Esta situação motivou todos os setores que necessitam deste recurso natural para o seu processo produtivo, a buscarem outra fonte alternativa, neste caso as águas subterrâneas.

No caso das águas superficiais, existe uma rede de monitoramento fluviométrico da Agência Nacional de Águas – ANA, cuja operação encontra-se a cargo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. Para fins deste estudo, obteve-se informações das estações fluviométricas da ANA. A relação das estações empregadas no estudo, com seu respectivo código, nome, localização geográfica (latitude e longitude), altitude e precipitação média anual, está relacionada na **Tabela IV**. A partir destas informações realizou-se o traçado de isolinhas de mesma vazão específica ( $l/s/km^2$ ), onde se verificou a grande influência da espacialidade na região, conforme **Figura 42**.



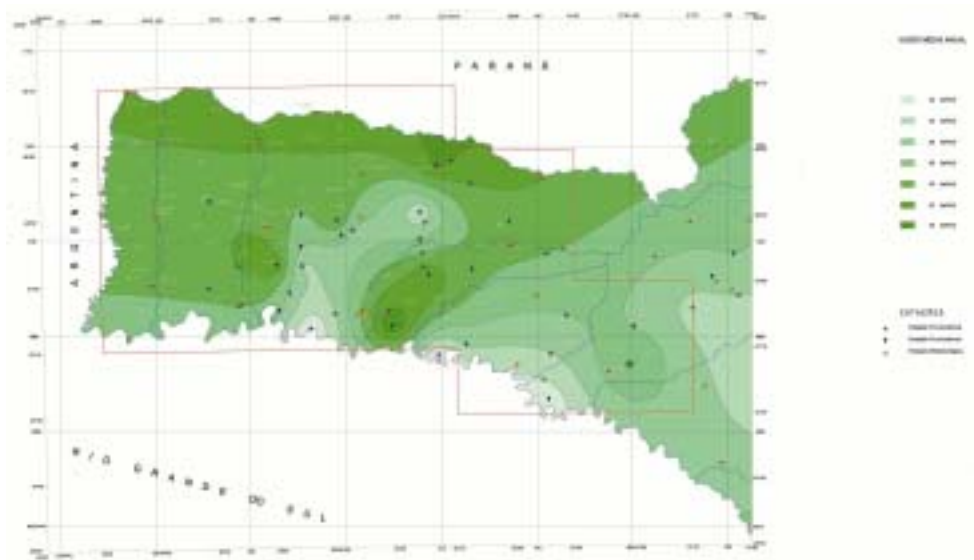
**Figura 41** - Qualidade das águas superficiais em Santa Catarina (Fonte: SANTA CATARINA, 1997).

Código	Nome da Estação Fluviométrica	Latitude			Longitude			Área de Drena- gem (km <sup>2</sup> )	Vazão Média (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Média Especifi- ca (l/s/km <sup>2</sup> )
		Grau	Min.	Seg.	Grau	Min.	Seg.			
70100000	DESPRAIADO	-28	22	5	-49	48	15	528	15,995	30,29356
70300000	FAZENDA MINEIRA	-28	5	24	-50	3	35	1119	28,686	25,63539
70500000	COXILHA RICA	-28	9	8	-50	26	27	548	18,534	33,82117
71200000	VILA CANOAS	-27	48	9	-49	46	41	989	30,694	31,03539
71250000	PONTE DO RIO JOÃO PAULO	-27	49	45	-49	37	34	512	13,085	25,55664
71300000	RIO BONITO	-27	42	0	-49	50	0	1984	51,321	25,86744
71350000	ENCRUZILHADA	-27	30	0	-50	8	0	2980	79,898	26,81141
71383000	PONTE ALTA DO SUL	-27	28	51	-50	23	4	4631	112,211	24,2304
71490000	PONTE MAROMBAS	-27	12	55	-50	27	54	360	9,746	27,07222
71498000	PASSO MAROMBAS	-27	19	51	-50	45	3	3654	81,706	22,3607
71550000	PASSO CARU	-27	32	16	-50	51	35	9868	249,11	25,24422
72715000	RIO DAS ANTAS	-26	53	45	-51	4	32	791	22,18	28,04046
72750000	VIDEIRA	-26	59	0	-51	10	0	1103	29,638	26,87035
72810000	TANGARÁ	-27	6	16	-51	14	58	1995	50,172	25,14887
72849000	JOAÇABA I	-27	10	18	-51	30	1	3682	102,709	27,89489
72870000	BARRA DO RIO PARDO	-27	18	59	-51	31	5	414	12,577	30,37923
72980000	RIO URUGUAI	-27	26	46	-51	51	40	5114	116,065	22,69554
73180000	ENGENHO VELHO	-27	14	11	-52	12	34	938	24,832	26,47335
73200000	ITÁ	-27	16	36	-52	19	35	44350	957,032	21,57908
73300000	BONITO	-26	57	9	-52	10	57	630	19,2	30,47619
73330000	PASSO ALTO IRANI	-26	58	15	-52	22	0	900	29,964	33,29333
73350000	BARCA IRANI	-27	9	50	-52	31	21	1498	53,727	35,86582
73550000	PASSO CAXAMBU	-27	10	16	-52	52	3	52671	1158,407	21,99326
73600000	ABELARDO LUZ	-26	33	22	-52	19	51	1850	63,547	34,34973
73690001	CORONEL PASSOS MAIA	-26	46	20	-52	1	30	786	24,543	31,22519
73700000	CHAPECÓZINHO	-26	44	0	-52	24	0	1351	32,998	24,42487
73750000	PORTO FAE	-26	48	0	-52	41	0	5528	150,464	27,21852
73765000	PASSO QUILOMBO	-26	45	36	-52	45	2	282	9,015	31,96809
73770000	PORTO FAE NOVO	-26	48	59	-52	44	0	5880	169,209	28,77704
73780000	JARDINÓPOLIS	-26	44	10	-52	54	1	626	18,579	29,67891
73820000	PASSO PIO X	-26	51	28	-52	54	15	992	27,794	28,01815
73850000	PASSO NOVA ERECHIM	-26	56	0	-52	54	0	7535	194,29	25,785
73900000	SAUDADES	-26	55	36	-53	0	28	418	13,988	33,46411
73960000	BARRA DO CHAPECÓ AUX.	-27	2	4	-52	57	16	8267	226,956	27,45325
73970000	BARRA DO CHAPECÓ	-27	6	0	-53	0	0	8280	237,471	28,68007
74295000	LINHA JATAÍ	-27	0	47	-53	17	42	339	10,332	30,47788
74320000	PONTE DO SARGENTO	-26	40	53	-53	17	17	608	19,107	31,42599

**Tabela IV** - Relação das estações fluviométricas utilizadas no estudo do Projeto Oeste de Santa Catarina.

Através da **Figura 42**, observa-se que a variação espacial da vazão específica segue a mesma tendência da precipitação média anual observada na **Figura 29**, concentrando-se na região norte do oeste e meio-oeste do Estado de Santa Catarina.

Constatou-se também, um aumento da vazão específica mais a jusante do vale do Rio Irani, comparando-se com os demais rios da região, onde encontra-se valores variando entre desde 22,0 à 34,0 l/s/km<sup>2</sup>.



**Figura 42** - Variação espacial da vazão específica (l/s/km<sup>2</sup>) na área de atuação do Projeto Oeste de Santa Catarina.

## 5 - Hidrogeologia

### 5.1 - Introdução

Neste capítulo procura-se representar o estado físico da água subterrânea dentro da região do oeste catarinense, agrupando as características hidrogeológicas mais importantes do ponto de vista da ocorrência, das demandas de utilização e proteção da água subterrânea. A metodologia utilizada consiste na caracterização hidrogeológica das várias litologias cartografadas, tendo como suporte de interpretação, além das estruturas geológicas e geomorfológicas, dados sobre a ocorrência (tipo, extensão, profundidade e permeabilidade, vazões dos poços, fluxo, etc.) e qualidade das águas subterrâneas, aliadas a outras informações importante no desenvolvimento de aquíferos como declividade do terreno, solo, vegetação, clima, uso do solo, etc.). Os estudos hidrogeológicos desenvolvidos constaram de duas etapas básicas:

- na primeira etapa, foi realizado um levantamento preliminar dos poços perfurados na região, sendo coletadas informações nos diversos órgãos públicos atuantes na região, tais como: CI-DASC, CASAN, 11º Distrito do DNPM, Prefeituras e Companhias particulares de perfuração (Leão Poços, Impagross, Hidropel, Hidrogeo, Itai), além dos arquivos técnicos da CPRM que também perfurou poços nessa região.
- na segunda etapa, correspondente aos trabalhos de cadastramento no campo, procurou-se coletar o maior número possível de informações sobre os pontos d'água anteriormente levantados, além da obtenção de novos registros de poços tubulares, de captações de fontes e de poços escavados, que poderiam complementar as informações hidrogeológicas. Durante esses trabalhos foram confirmados os dados constantes no cadastro preliminar e, sempre que possível, realizadas medições de condutividade elétrica, pH e temperatura da água com equipamento portátil ORION modelo 1230. Também foram medidos, quando necessário, os níveis

nos poços, através de medidores eletrônicos de nível (**Figura 43**). Em poços onde não havia equipamento de bombeamento instalado a coleta de água para análise de campo foi realizada com amostrador desenvolvido pela equipe da CPRM (**Figura 44**)

Ao final do cadastramento foram catalogados 2839 pontos de água, sendo 2.726 poços tubulares, 101 captações de fontes e 12 poços escavados. Os pontos d'água apresentam de modo geral uma distribuição bastante uniforme, com exceção no setor norte-nordeste, onde a ocupação humana é pequena e esparsa, predominando grandes propriedades ou reflorestamento (região de Passos Maia, Abelardo Luz e Ponte Serrada). A **Figura 45** ilustra a distribuição espacial dos pontos d'água inventariados de abril de 1998 a junho de 2001.

A **Tabela VI** em anexo contém as informações dos pontos d'água cadastrados em cada município.

### 5.2 - Sistemas aquíferos

A partir do agrupamento das ocorrências de água subterrânea segundo os tipos de rochas e estruturas, foi possível definir duas categorias de aquíferos, assim denominadas:

- Aquíferos porosos
- Aquíferos fraturados

A primeira categoria, cujo armazenamento e a circulação de água dependem basicamente da porosidade, reúne as rochas sedimentares das formações Botucatu e Pirambóia, e os estratos relacionados com a Formação Rio do Rasto. Na região oeste este sistema, denominado de Aquífero Guarani, encontra-se exclusivamente confinado pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral (**Figura 46**) e representa a principal reserva estratégica de água subterrânea, com grande potencialidade para o aproveitamento turístico e industrial devido as suas condições geotérmicas. Ocorre em profundidades que



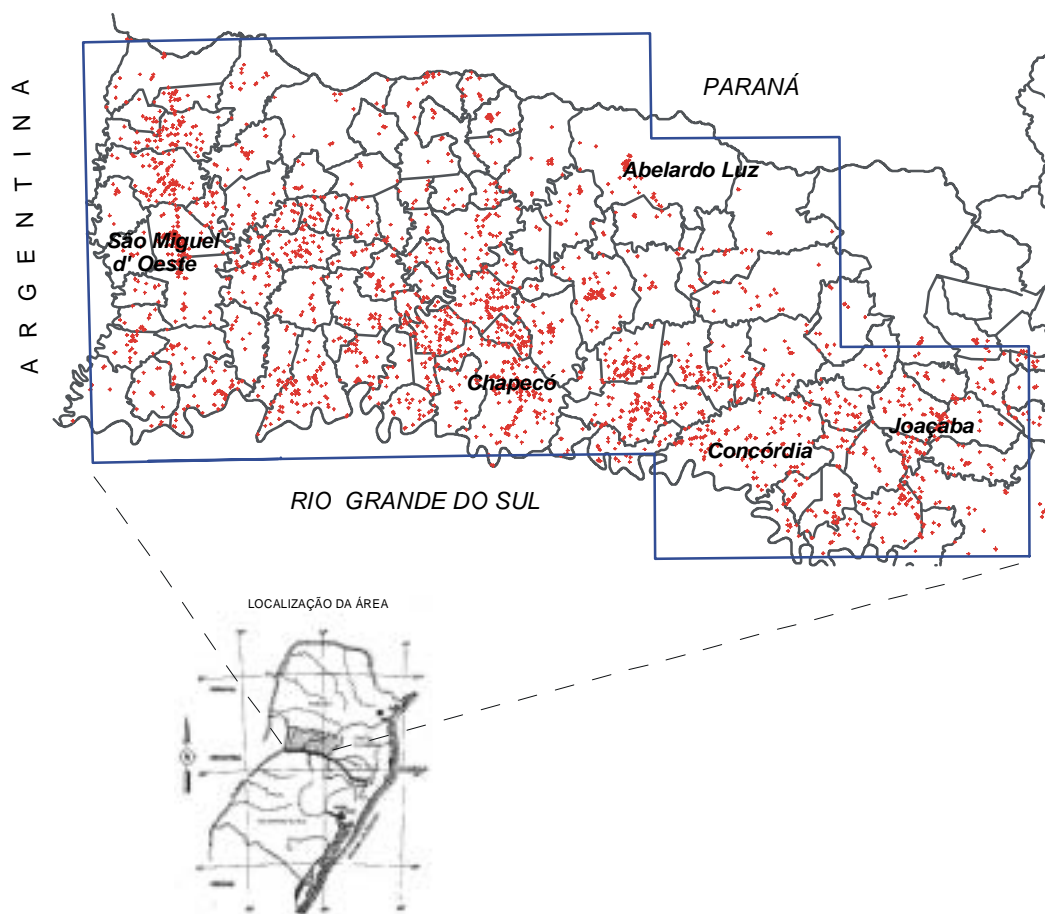


**Figura 43** - Medição de nível estático em poço tubular recém perfurado em Águas Frias.

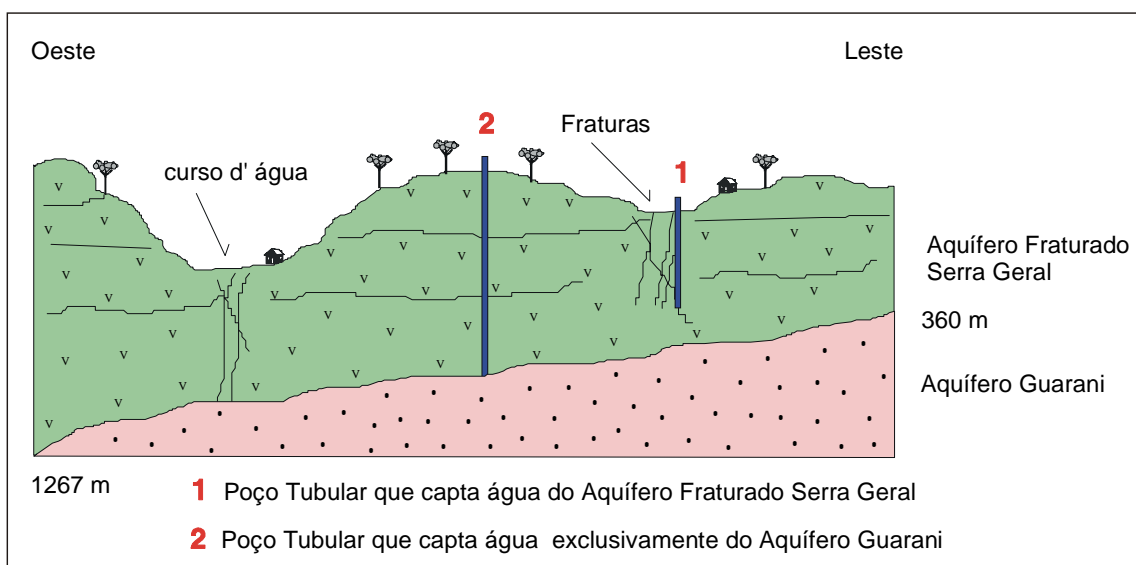


**Figura 44** - Amostrador de água utilizado em poços desprovidos de equipamento de bombeamento. Poço localizado na Barra do Traíra-Guaraciaba.

PONTOS D' ÁGUA CADASTRADOS ENTRE 1998 E 2001  
NO OESTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA



**Figura 45** - Distribuição espacial dos 2839 pontos d'água inventariados em campo entre abril de 1998 e junho de 2001.



**Figura 46** - Sistemas aquíferos existentes na região oeste catarinense.

variam de cerca de 360 m, registrada no poço profundo de Itá (ITA-06-CPRM), a 1.267 m, no poço profundo em São João do Oeste (SJO-01-CORNER). Dos 2.729 poços tubulares cadastrados, apenas 10 poços de água atingem o Aquífero Guarani com profundidades que variam entre 511,40 e 1410,0 metros, sendo que 7 estão em funcionamento.

A segunda categoria, o fraturado, caracteriza-se pela capacidade de armazenamento e de circulação da água relacionadas à presença de juntas e fraturas, dependendo da interligação das mesmas. Desenvolve-se sobre as rochas vulcânicas cretáceas da Formação Serra Geral que afloram em toda a área do projeto. Suas características litológicas e estruturais o distinguem das demais rochas cristalinas como os granitóides e gnaisses. Os principais diferenciais são as zonas vesiculares e amigdaloidais de topo de derrame e zonas de disjunção horizontal, que quando interceptadas por fraturamentos, interconectam-se podendo armazenar grandes volumes de água subterrânea. Este aquífero representa o principal recurso de água subterrânea na região, por apresentar características que permitem a captação de água subterrânea a um custo reduzido, em geral, suprimindo satisfatoriamente as comunidades rurais, indústrias e até sedes de pequenos municípios.

### 5.2.1 - Aquíferos Porosos (Aquífero Guarani)

Este sistema aquífero foi assim denominado por ser constituído de formações sedimentares que ocorrem no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, países onde se localizava a nação indígena guarani. Também foi denominado de Aquífero Gigante do Mercosul por Araújo et al (1995), por localizar-se nos quatro países formadores do bloco econômico conhecido por Mercado Comum do Cone Sul (Mercosul).

Constitui-se em um dos maiores reservatórios de água subterrânea doce do planeta (Rocha, G.A., 1996). As litologias que compõem o aquífero são rochas arenargilosas, depositadas entre os períodos

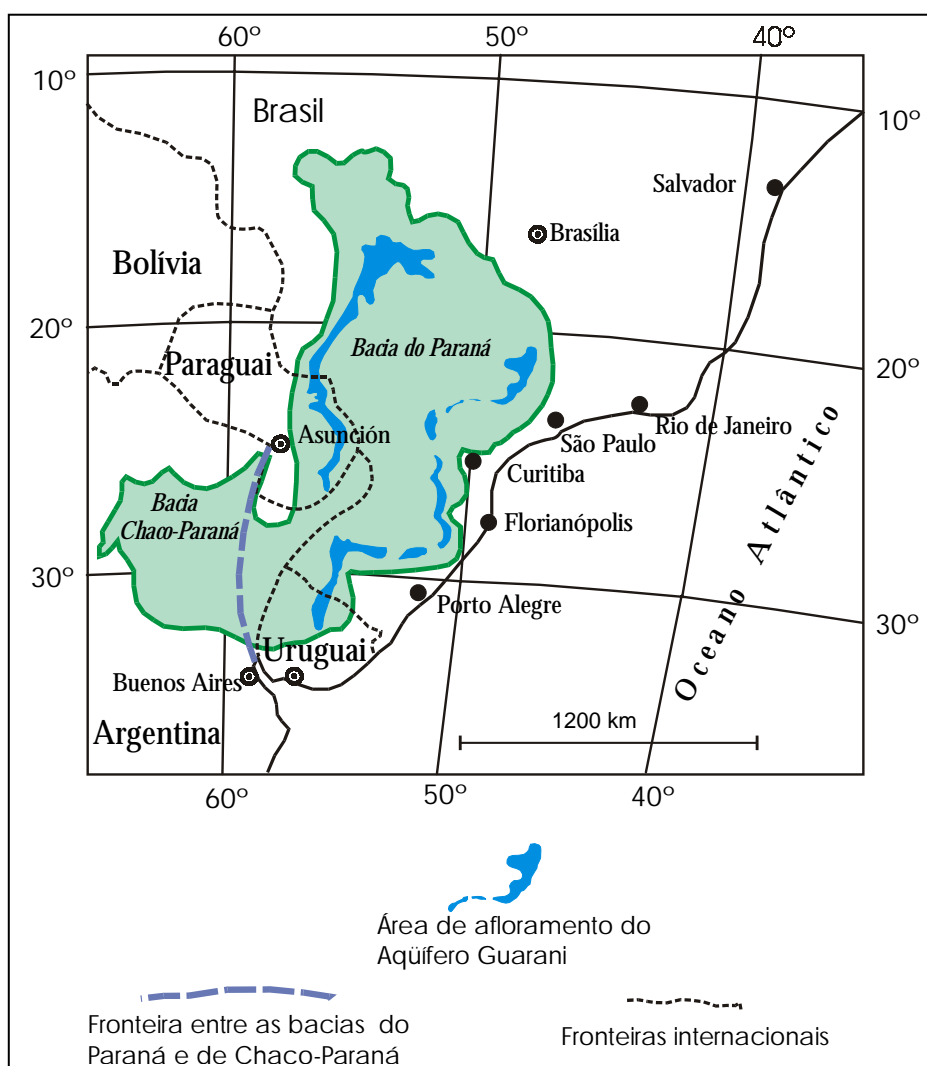
Triássico (225 m.a.) e Cretáceo (138 m.a.) posteriormente confinadas pelos derrames basálticos Cretácicos (138 m.a.), desenvolvendo-se em uma área superior a 1.194.000 km<sup>2</sup> das Bacias do Paraná e do Chaco-Paraná (**Figura 47**).

Com uma área de ocorrência continental, o Aquífero Guarani ultrapassa a porção brasileira da Bacia do Paraná. Sua área total no território brasileiro é de cerca de 839.000 km<sup>2</sup>, distribuídos entre os seguintes estados: Mato Grosso do Sul (213.200 km<sup>2</sup>), Mato Grosso (26.400 km<sup>2</sup>), Goiás (55.000 km<sup>2</sup>), Minas Gerais (51.300 km<sup>2</sup>), São Paulo (155.800 km<sup>2</sup>), Paraná (131.300 km<sup>2</sup>), Santa Catarina (49.200 km<sup>2</sup>) e Rio Grande do Sul (157.600 km<sup>2</sup>). Estende-se ainda para a Bacia do Chaco-Paraná, onde alcança uma área superior a 355.000 km<sup>2</sup>, abrangendo o Paraguai (71.700 km<sup>2</sup>), Argentina (225.500 km<sup>2</sup>) e Uruguai (58.500 km<sup>2</sup>) segundo Araújo et al (1995).

As características das formações geológicas constituintes do Aquífero Guarani são conhecidas há mais de 50 anos, como decorrência das perfurações realizadas para a pesquisa e exploração de petróleo e gás natural.

O conjunto sedimentar representado pelas formações Botucatu e Pirambóia constituem os melhores níveis aquíferos. Os estratos relacionados com a Formação Rio do Rasto, de origem predominante flúvio-lacustre, apresentam altos teores de argilominerais que comprometem consideravelmente sua eficiência hidráulica.

Do ponto de vista hidráulico, os parâmetros mais representativos do aquífero, baseados em ensaios de bombeamento de poços tubulares profundos para captação de água são os seguintes: coeficiente de condutividade hidráulica média  $K = 8,6$  m/dia, para a Formação Botucatu propriamente dita,  $K = 0,86$  m/dia para a Formação Pirambóia e correlatas, coeficiente de armazenamento variando entre  $10^{-3}$  e  $10^{-6}$  e coeficiente de porosidade eficaz entre 10 e 20% para a condição de aquífero livre (Rebouças, 1994).



**Figura 47** - Área de ocorrência do Aquífero Guarani

Com esses valores pode ser avaliada a grande heterogeneidade deste sistema aquífero.

Na área do Oeste de Santa Catarina existem duas categorias de poços que atingem o Aquífero Guarani: os poços perfurados pela PETROBRÁS e PAULIPETRO, destinados à pesquisa de hidrocarbonetos, e os poços tubulares construídos para a captação de água, executados por diversas empresas de perfuração. Os dados dos poços, muito dispersos, foram compilados de relatórios técnicos, perfis e publicações existentes. Em alguns casos as informações foram obtidas em campo, junto aos proprietários dos poços. A **Tabela**

**V** reúne os poços profundos perfurados na área do PROESC, tanto para a pesquisa de hidrocarbonetos como para a captação de água subterrânea. A **Figura 48** ilustra a distribuição espacial dos mesmos.

A primeira categoria de poços, dedicados à prospecção de petróleo, geralmente não dispõe de dados hidrogeológicos como níveis de bombeamento, vazões e temperatura das águas, entretanto, apresenta bons dados relativos à estratigrafia da bacia. Maior quantidade de dados são obtidos dos poços perfurados para abastecimento de água e que, em geral, dispõem de relatórios com perfis litológico-construtivos e dados hidráulicos.

Poço	Localização e Proprietário	Profundidade (m)	Cota do topo do aquífero (m)	Observações
2PI-1SC	PIRATUBA/ Cia Hidromineral de Piratuba	2416	-102	Poço tem um tampão de cimento no intervalo de 700 a 800 metros
PIR-14-CORNER	Termas de Piratuba Park Hotel	680	-162	Poço lacrado devido a interferência causada no poço 2-PI-1SC
2TG1SC	TANGARÁ / PETROBRÁS	2431	+ 283	Atingiu o embasamento cristalino aos 2420 m
1HV1SC	HERVAL VELHO/ PETROBRÁS	2700	+ 157	Poço tamponado
3HV2SC	HERVAL VELHO/ PETROBRÁS	2489	+ 199	Poço tamponado dos 110 a 180 m e dos 925 a 975 m
CONC-178-CPRM	CONCÓRDIA/ Sadia S.A.	652	+ 118	Intrusões de diabásio de 470 a 480 m e dos 520 a 560 m.
ITA-06-CPRM	ITÁ / GERASUL	511,4	+ 29	O arenito produtor ocorre entre 372 e 511,4 m.
ITA-27-IT	ITÁ /Prefeitura Municipal	924	+ 31	Poço para abastecer o balneário
1SE1SC	SEARA / Paulipetro	4000	+ 29	Poço tamponado
TRZT-06-CNTP	TREZE TÍLIAS /Treze Tílias Park Hotel	750	+ 285	Poço abastece o hotel
1RCH1SC	PASSOS MAIA/ Paulipetro	-	+ 95	Poço tamponado
2AL1SC	ABELARDO LUZ/ Paulipetro	3875,5	- 208	Poço tamponado
1GO1SC	GALVÃO / Paulipetro	4111	- 310	Poço tamponado
CHP-20-CNTP	CHAPECÓ / Estancia das Águas Quentes	1203	- 324	Poço utilizado para abastecer o balneário
SMO-102-CPRM	SÃO MIGUEL D'OESTE / CASAN	1410	-583	Ocorreram problemas na completação do poço. Tamponado.
SJO-01-CORNER	SÃO JOÃO D'OESTE / Pref. Municipal	1376	-962	Poço instalado porém com água de péssima qualidade físico-química

**Tabela V** - Poços profundos perfurados no Oeste de Santa Catarina, que atingem o Aquífero Guarani.

Na região oeste de Santa Catarina o Aquífero Guarani encontra-se totalmente coberto por rochas originadas pela solidificação das lavas basálticas da Formação Serra Geral, comportando-se em toda sua extensão como um aquífero confinado. Nas

porções à leste e sudeste dos limites da área estudada, onde as litologias que compõem o aquífero são aflorantes, o mesmo comporta-se como livre, com a recarga exclusivamente através da pluviometria.



**Figura 48** - Poços profundos que captam o aquífero poroso na área do projeto.

A geologia do Aquífero Guarani, devido ao seu confinamento na área, foi descrita com base nos dados existentes, obtidos dos poços e sondagens. Sua interpretação gerou informações sobre as espessuras das rochas vulcânicas, sobrepostas ao sistema Aquífero Guarani. Também foram obtidos dados da espessura do Aquífero Guarani, sua superfície potenciométrica, níveis de água, vazão e capacidade específica.

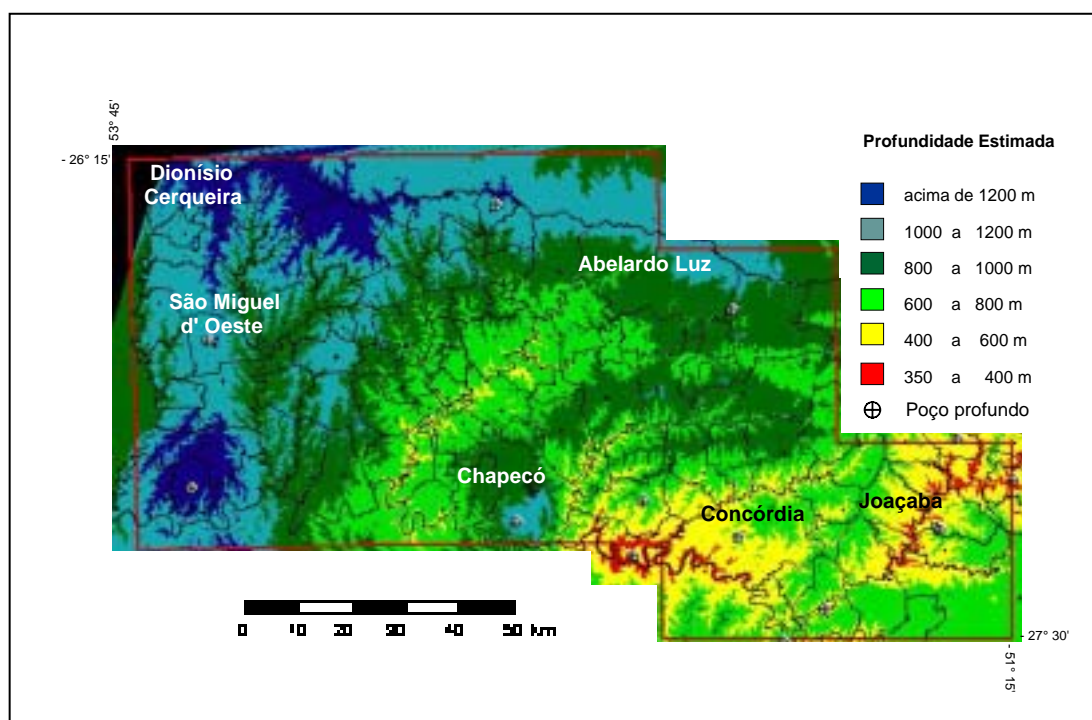
As rochas da Formação Serra Geral, descritas em detalhe no **Capítulo 3** e presentes em toda a área estudada, são constituídas por um pacote de derrames empilhados durante o Cretáceo (138 m. a.), apresentando uma espessura média de 766 metros. Como característica principal, observa-se uma grande variabilidade de valores, com a menor espessura no município de Itá (360 m) e a máxima no município de São João D'Oeste (1267 m). A **Figura 49**, elaborada a partir de interpolação de dados de poços profundos existentes e o grau de dissecação do relevo, estima a profundidade do topo do Aquífero Guarani na área.

Segundo Araújo et al (1995), o comportamento das isópacas da Formação

Serra Geral foi controlado pelos derrames de lavas, pela calha de deposição da sequência cretácica, pela ativação regional dos sistemas de falhas, o soerguimento das bordas atuais da bacia e pela ativação dos arcos do Rio Grande e de Ponta Grossa.

A espessura do Aquífero Guarani atinge valores da ordem de 450 metros. Localmente os arenitos correlacionados com a Formação Botucatu, apresentam espessuras muito reduzidas, como no município de São João D'Oeste, onde alcançam tão somente 8 metros. Já no município de Galvão todo o conjunto aquífero soma cerca de 502 metros. O valor médio obtido dos dados conhecidos indica valores de espessura da ordem de 164 metros. Dentro dos conhecimentos atuais, ainda não está devidamente esclarecida a hidroestratigrafia do Aquífero Guarani no Estado de Santa Catarina.

Quanto à hidrodinâmica, a superfície potenciométrica que corresponde à elevação dos níveis dos poços em relação ao nível do mar, encontra seus níveis mais altos a leste da Bacia do Paraná, onde ocorrem as áreas de afloramento do aquífero.



**Figura 49** - Estimativa da profundidade do topo do Aquífero Guarani na área do projeto.

Em Santa Catarina o gradiente hidráulico varia de 900 a 300 metros, com direção preferencial do fluxo subterrâneo de E–W e NE–SW (Rosa Filho et al, 1998). Próximo da divisa com o Rio Grande do Sul, o fluxo subdivide-se para sudeste em direção ao Oceano Atlântico e para noroeste em direção ao Rio Uruguai. Segundo estes autores, a queda de potenciométrica para 300 metros na calha do Rio Uruguai, indica uma provável área de descarga do aquífero.

Os dados hidráulicos são bastante raros. As vazões de teste nos poços variaram de 80 a 350 m<sup>3</sup>/h, podendo apresentar valores superiores em produção. Com a elevada pressão artésiana e as boas características de permeabilidade do reservatório de água, o rebaixamento de nível durante o bombeamento em geral é inferior a 100 metros. A capacidade específica apresenta valores superiores a 4 m<sup>3</sup>/h/m, com uma única exceção, observada no poço de São João D'Oeste, onde o valor de 1,32 m<sup>3</sup>/h/m é reflexo da falta de litologias eólicas no perfil geológico atravessa-

do. Os valores de porosidade, transmissividade e armazenamento são quase que completamente desconhecidos, porém, a constituição litológica do aquífero e a vazão específica dos poços, sugerem a ocorrência de características hidráulicas do aquífero semelhantes as já determinadas em outros estados.

As condições de confinamento e profundidade do Aquífero Guarani, proporcionaram fenômenos de termalismo. Regionalmente, a temperatura das águas do aquífero cresce a partir das áreas de afloramento, em função do grau geotérmico de 1°C para cada 33 metros de profundidade.

Na área do PROESC, os poços apresentam águas com temperaturas entre 28° C (poço ITÁ-06-CPRM) e 54° C (topo da Formação Botucatu no poço 2-AI-01-SC de Abaelardo Luz), com média de 39,8° C. Os poços que não tiveram completação com revestimentos e filtros em toda sua extensão, mostram esfriamento das águas pela mistura com águas do aquífero Serra Geral.

A seção hidrogeológica contida no mapa de domínios hidrogeológicos em anexo, elaborada a partir de dados de poços profundos, também indica que ao longo do rio Uruguai, na porção entre Chapecó e São João D'Oeste, ocorre uma provável área de descarga, sugerida pela existência das fontes termais de Palmitos, São Carlos e Águas de Chapecó. Entre Piratuba e Itá a seção revela que as camadas sedimentares estão alçadas e o nível piezométrico cai em relação à primeira localidade. O aquífero nesta porção apresenta águas com temperaturas e teores de sólidos totais dissolvidos menores que as do extremo oeste, sugerindo uma possível área de recarga através das zonas de fratura.

### 5.2.2 - Aquífero Fraturado (Serra Geral)

Os aquíferos fraturados presentes em toda a extensão da área do projeto, conhecidos como Aquífero Serra Geral, constituem uma importantíssima unidade hidrogeológica, devido sua abrangência e modo de ocorrência. Sua expressão regional, tanto em superfície como em profundidade, e suas condições de armazenamento e circulação da água subterrânea lhe conferem propriedades hidrogeológicas diferenciadas e de grande interesse social e econômico.

A presença da água subterrânea nas rochas vulcânicas da Bacia do Paraná está vinculada a fatores de origem genética e tectônica. O primeiro fator é condicionante intrínseco da permeabilidade horizontal e o segundo condiciona a permeabilidade vertical, as quais intercomunicam as estruturas aquíferas (descontinuidades) interderrames.

O modo de como ocorrem as rochas vulcânicas, a distribuição espacial de suas estruturas intra e interderrames e, os estágios múltiplos de sua formação, imprimem a este aquífero uma notável e peculiar heterogeneidade física. As características deste sistema vão depender da dimensão e do agrupamento das fraturas e de outras descontinuidades. A condutividade hidráulica é, portanto, muito variável e complexa, de difícil avaliação e previsão. Vem se observando, através dos dados de

ensaio de bombeamento dos poços cadastrados, que as condições hidrogeológicas são anisotrópicas e heterogêneas, com considerável variação lateral da permeabilidade do meio. No oeste catarinense, como em todo planalto gaúcho, é muito comum o fato de existirem poços espaçados um do outro em cerca de uma dezena de metros, que apresentam comportamento hidrogeológico bem distinto; por exemplo, um com grande vazão e o outro seco.

As condições de ocorrência da água subterrânea no Aquífero Serra Geral são de aquíferos livres, podendo, em casos particulares, desenvolver condições de aquífero confinado. Há vários casos de poços jorrantes, alguns com vazões livres consideráveis como o poço 1875/SLO-09-CIDA do Clube de Campo Bela Vista em São Lourenço d'Oeste (**Figura 50**). Os trabalhos de mapeamento geológico e avaliação hidrogeológica indicaram que no Aquífero Fraturado Serra Geral as estruturas dos derrames desempenham importante papel no armazenamento e circulação da água subterrânea.

A zona vítrea, correspondente à porção basal de cada derrame, geralmente manifesta-se através de um nível argiloso com alguns metros de espessura, devido à desvitrificação e alteração do material.

Sobre a zona vítrea sucede-se a zona de disjunção horizontal, caracterizada pelo diaclasamento em planos horizontais bem marcados, espaçados de alguns centímetros, imprimindo à água subterrânea uma circulação horizontal. Tal fato ocorre com maior frequência nas unidades de caráter ácido como as ácidas do Tipo Chapecó (**Figura 51**), e do Tipo Palmas/Caxias. A percolação de água pela zona vertical, geralmente espessa e inalterada principalmente nos basaltos da seqüência inferior e superior, recarrega as diáclases horizontais.

No topo dos derrames situa-se a zona de desgaseificação, na qual os gases e fluidos originários do magma ficam aprisionados próximos à superfície. É muito comum ocorrer nessa zona a mistura de fluidos, fragmentos de rocha resfriada, paleosolos e sedimentos arenosos, for-





**Figura 50** - Poço jorrante localizado na Linha Bela Vista – São Lourenço d'Oeste, com vazão livre de cerca de  $4 \text{ m}^3/\text{h}$  (poço n°1875).



**Figura 51** - Intensa disjunção horizontal nas rochas ácidas porfíricas Tipo Chapecó (Trevo entre as BR 153 e 282 em Irani).

mando um complexo escoriáceo avermelhado com aspecto esponjoso contendo vesículas e amígdalas denominado de autobrecha. Esses vazios apresentam diâmetros que variam de milímetros a dezenas de centímetros, e quando encontram-se alterados e interligados por sistemas de fraturamento as condições de armazenamento de água subterrânea são excelentes. Na base das ácidas porfíricas do Tipo Chapecó e na base dos Basaltos Cordilheira Alta e Campo-Erê, ocorrem sedimentos intertrápicos representados por litoarenitos e arenitos finos a médios com fragmentos de rochas basálticas de cores avermelhados. Entre os derrames dos basaltos Cordilheira Alta e Campo-Erê ocorrem freqüentes níveis arenosos que muitas vezes foram lixiviados dando origem a vazios aumentando a permeabilidade do meio. Tais horizontes ampliam a capacidade de armazenamento e circulação de água subterrânea do Aqüífero Fraturado Serra Geral, tornando-o diferenciado em relação aos aqüíferos fraturados desenvolvidos em rochas cristalinas graníticas e gnáissicas.

Os principais contribuintes para o armazenamento e circulação de água subterrânea nas rochas vulcânicas cretáceas, decorrentes de fatores de ordem litológica, geomorfológica, e estrutural permitiram propor um zoneamento do Aqüífero Fraturado Serra Geral na área de trabalho. Tal divisão resultou no Mapa de Domínios Hidrogeológicos do Aqüífero Fraturado Serra Geral anexo a este relatório.

#### 5.2.2.1 Domínio Hidrogeológico - a1

Este domínio hidrogeológico está relacionado com litologias como dacitos, riodacitos e traquitos porfíricos, intercalados por basaltos no topo e na base, onde ocorrem freqüentes arenitos "intertraps" e autobrechas. Na porção extremo oeste da área ocorrem basaltos constituídos por vários derrames, intercalados com sedimentos epiclásticos finos, arenitos, conglomerados e brechas peperíticas. O relevo é geralmente plano a plano-ondulado, correspondente a superfície de cimeira da região. A declividade é fraca, a drenagem tem padrão dendrítico-retangular com cur-

vos d'água de fraco gradiente e pequena densidade, pouco entalhados, com interflúvios pouco elevados e mesiformes. Os solos são do tipo latossolos profundos e argilo-arenosos, apresentando áreas desmatadas com extensos cultivos ou pastagens, mata ciliar residual e em pequenos capões situados nas encostas.

O controle hidrogeológico principal é o estrutural, ampliado pelas condições geomorfológicas favoráveis. São esperadas vazões de até 60 m<sup>3</sup>/h, podendo ocorrer valores excepcionalmente maiores.

A água apresenta baixos teores de sais dissolvidos, a condutividade elétrica varia de 40 a 300  $\mu$  S/cm e o pH é geralmente ácido a neutro.

Em relação às obras de captação de água subterrânea, sugere-se que as mesmas devem ser captadas por meio de poços tubulares com profundidades de até 150 metros, ocasionalmente até 200 metros. Nas áreas de maior declividade onde houver nascentes, que geralmente delimitam o contato entre derrames, é possível implementar um sistema de proteção de fontes.

#### 5.2.2.2 Domínio Hidrogeológico - a2

Este domínio é litologicamente formado por basaltos com derrames espessos e freqüentes autobrechas no topo muito fraturados. O relevo é residual ruiforme, com forte entalhamento, com encostas de alta declividade e vales estreitos escalonados em degraus. A drenagem é subretangular-dendrítica e densa. O controle hidrogeológico é basicamente estrutural e a previsão de vazões ocorre entre 3 e 40 m<sup>3</sup>/h, excepcionalmente podem ser obtidas vazões maiores.

As águas apresentam baixo teor de sais dissolvidos com condutividade elétrica entre 200 e 300  $\mu$ S/cm, eventualmente atingem até 400  $\mu$ S/cm. O pH geralmente é neutro a alcalino (de 7 a 9).

Recomenda-se a captação por meio de poços tubulares com profundidades esperadas de até 120 metros, eventu-

almente até 150 m, e nas encostas muito declivosas sugere-se a captação por fontes.

#### 5.2.2.3 - Domínio Hidrogeológico - a3

Neste domínio predominam dacitos afíricos com cores cinza esverdeada, disjunção horizontal proeminente, intercalados com zonas amigdalóides ricas em calcita. O relevo é aplainado com bordas escarpadas, os solos são pouco espessos e a rede de drenagem é pouco entalhada com vales amplos e talvegues rasos. A vegetação é escassa e localiza-se ao longo das drenagens.

As possibilidades de vazões são de até 30 m<sup>3</sup>/h. As águas apresentam baixo teor de sais dissolvidos, com condutividade elétrica entre 40 e 200  $\mu$ S/cm e pH levemente ácido a neutro.

Captação deve ser feita por poços tubulares com profundidades de até 150 metros. Para pequenas demandas é possível a captação por poços escavados.

#### 5.2.2.4 - Domínio Hidrogeológico - a4

Basaltos compostos por derrames espessos vítreos e microvesiculares, apresentando, na base da unidade e por vezes entre os derrames, arenitos "intertraps" compõem tal domínio hidrogeológico. O relevo predominante é residual ruiforme, fortemente entalhado com encostas de alta declividade e vales amplos. A superfície do terreno geralmente é escalonada em degraus que marcam o contato entre os derrames basálticos. A rede de drenagem é subretangular-dendrítica encaixada. Predomina a vegetação remanescente nas matas ciliares e isoladas em capões.

O controle hidrogeológico principal é estrutural sendo esperadas vazões de até 30 m<sup>3</sup>/h, excepcionalmente podem ocorrer vazões maiores.

Águas com médio teor de sais dissolvidos são mais freqüentes. A condutividade elétrica varia de 200 a 600  $\mu$ S/cm enquanto o pH é preferencialmente alcalino (varia em média de 7,5 a 10).

A captação deve ser feita por poços tubulares de profundidades de até 150 m. É possível e recomendável o aproveitamento por fontes nas encostas.

#### 5.2.2.5 - Domínio Hidrogeológico - b1

As litologias que predominam neste domínio são representadas por basaltos típicos e basaltos andesíticos, com espessos derrames maciços. O relevo é plano-ondulado a entalhado, com rede de drenagem dendrítico-retangular encaixada. A declividade do terreno é média a forte, com predomínios de solos pouco desenvolvidos e pedregosos. A vegetação principal é formada por mata residual nas encostas e ao longo das drenagens.

As vazões esperadas estão entre 2 e 20 m<sup>3</sup>/h. As águas têm baixo teor de sais dissolvidos, condutividade elétrica entre 100 e 300  $\mu$ S/cm e pH levemente alcalino. A captação deve ser feita através de poços tubulares com até 150 metros de profundidade.

#### 5.2.2.6 Domínio Hidrogeológico - b2

Litologicamente predominam riolitos e riolitos afíricos com intensa disjunção horizontal e feições de fluxo bem pronunciadas, basaltos intercalados com brechas peperíticas e sedimentos finos, arenitos e conglomerados.

O relevo, o mais elevado da região, é aplainado de bordas escarpadas e drenagens pouco entalhadas, com vales amplos de talvegues rasos. O solo é raso e litólico, por vezes inexistente. A vegetação predominante é de gramíneas, ocorrendo alguma mata ciliar remanescente.

As vazões previstas estão entre 2 e 15 m<sup>3</sup>/h, podendo ocasionalmente ocorrerem vazões maiores. As águas apresentam em geral baixo teor de sais dissolvidos. A condutividade elétrica varia entre 50 e 200  $\mu$ S/cm e o pH é neutro a levemente ácido (6,5 a 7,5).

Recomenda-se a captação por poços tubulares de até 150 m de profundidade. Para demandas menores sugere-se a captação por fontes e poços escavados.

### 5.2.2.7 - Domínio Hidrogeológico - c

Nesta unidade as litologias associadas são representadas por diversas rochas basálticas situadas em áreas de relevo ruiforme com alta declividade, escarpas íngremes e interflúvios sob a forma de cristas alinhadas. O relevo muito arrasado é resultante de profundo entalhamento da drenagem.

Geralmente a rede de drenagem é densa com cursos d'água de alto gradiente formando corredeiras e freqüentes quedas. Por conseqüência nestas áreas os solos são rasos e pedregosos.

São áreas de grande escoamento superficial e de pequena probabilidade de ocorrência de água subterrânea. A previsão de vazões é de 1 a 5 m<sup>3</sup>/h. Suas águas possuem baixo teor de sais dissolvidos e condutividade elétrica variando entre 50 e 100  $\mu$ S/cm. O pH é em geral neutro a levemente ácido.

Neste domínio hidrogeológico não é recomendável a construção de poços tubulares, devendo-se optar por sistemas de proteção de fontes.

### 5.2.3 - Poços Tubulares

Dos 2.839 pontos d'água resultantes do inventário realizado em campo, 2723 são poços tubulares, sendo 2714 captações do Aquífero Fraturado Serra Geral. Apenas 9 poços cadastrados, os mais profundos, captam água dos aquíferos porosos (Guarani e Rio do Rasto).

Os itens abordados a seguir priorizam informações relacionadas aos poços construídos no Aquífero Fraturado Serra Geral.

#### 5.2.3.1 - Profundidade e Entrada d'Água

A profundidade dos poços tubulares que captam água do Aquífero Fraturado Serra Geral varia entre 24,00 e 310,00 m, apresentando uma média de 117,01 m. As classes de profundidade final dos poços distribuem-se conforme o **Quadro 12** a seguir. O intervalo de profundidade mais

encontrado na região é entre 100 e 150 metros.

Profundidade (m)	Nº de poços	Freqüência (%)
De 24 a 50	70	2,54
De 50 a 100	872	32,16
De 100 a 150	1359	50,07
De 150 a 200	367	13,55
De 200 a 310	46	1,68

**Quadro 12** - Classes de profundidade nos poços tubulares construídos no Aquífero Fraturado Serra Geral.

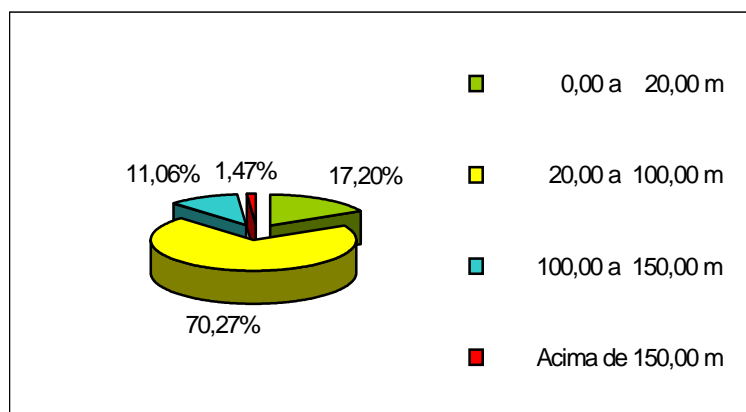
Na maioria dos poços o perfil construtivo típico inclui a perfuração do manto de alteração em diâmetro de 8 ou 10 polegadas, revestidos com tubos de aço ou geomecânicos (normalmente de 6 polegadas de diâmetro interno), e a posterior perfuração da rocha basáltica até o final, também em 6 polegadas de diâmetro. As extensões de revestimento constatadas variam de 1,00 a 60,00 m, com média de 8,60 m.

O levantamento estatístico realizado a respeito das entradas d'água ao longo dos perfis construtivos de poços tubulares construídos no Aquífero Serra Geral (**Figura 52**), revela o seguinte enquadramento:

- 17,20% das entradas d'água ocorrem até 20 m de profundidade;
- 70,27% das entradas d'água encontram-se de 20 até 100 m de profundidade;
- 11,06% das entradas d'água ocorrem de 100 até 150 m de profundidade;
- somente 1,47% das contribuições ocorre em profundidades superiores a 150 m.

São considerados como os intervalos mais importantes:

- a profundidade de 20,00 m, que identifica o ponto até onde se recomenda estender o revestimento de boca, sempre que possível, para minimizar os riscos de poluição do poço por infiltrações superficiais;
- a profundidade de 100,00 m, que representa o patamar considerado como limite ótimo de profundidade de poço em aquífero fraturado basáltico;



**Figura 52** - Percentual dos intervalos das entradas d'água nos poços construídos no Aquífero Fraturado Serra geral.

- a profundidade de 150,00 m, recomendada como limite máximo de perfuração no aquífero fraturado em questão.

#### 5.2.3.2 - Vazões

A análise de 2.614 dados de ensaio de bombeamento executados na conclusão dos poços exhibe o seguinte percentual: 31,83 % dos poços tem vazões inferiores a 1 m<sup>3</sup>/h; 19,36 % entre 1 e 5 m<sup>3</sup>/h; 18,17 % entre 5 e 10 m<sup>3</sup>/h; 21,08 % entre 10 e 20 m<sup>3</sup>/h e 9,56 % ocorrem vazões superiores a 20 m<sup>3</sup>/h.

As vazões médias de teste e vazões específicas médias, obtidas a partir dos dados de 2.714 poços tubulares, mostram que apenas em casos excepcionais, a construção de um poço em rocha basáltica deve ultrapassar a 150,00 m de profundidade. Sempre deve ser levado em conta que a vazão específica de um poço em rocha basáltica fraturada em geral diminui na medida em que ele é aprofundado. Isto se deve ao aumento no espaçamento entre as fraturas e conseqüente redução dos espaços vazios.

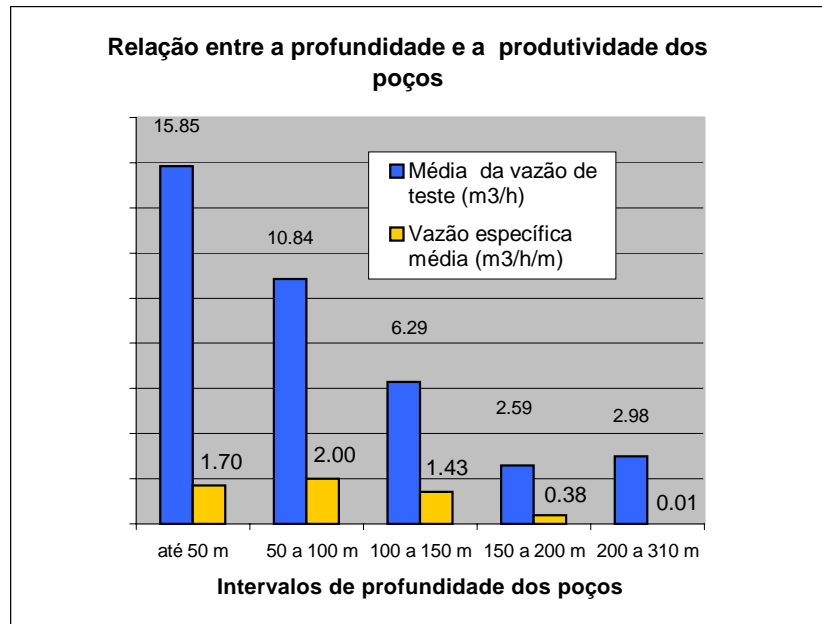
Freqüentemente a totalidade de água produzida por um poço nos aquíferos fraturados advém de apenas uma, ou então de poucas fraturas, posicionadas em meio a um domínio de rocha compacta, praticamente impermeável. A vazão será tanto maior quanto mais se estendam estas fraturas abaixo do nível estático; logo é muito

mais dependente da posição relativa dessas fraturas, e de sua respectiva potencialidade, do que propriamente da profundidade do poço. A **Figura 53** ilustra a forte queda de produção de água em poços com profundidades superiores a este patamar.

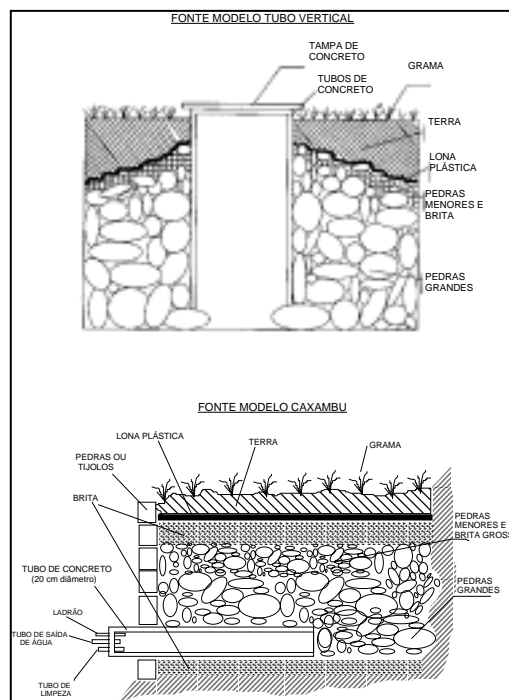
#### 5.2.4 - Captações de Fontes

A proteção de fontes na região oeste de Santa Catarina é uma prática muito comum e bastante disseminada no interior dos municípios. Divide-se basicamente em dois tipos de obras (**Figura 54**): uma calçada na colocação de tubulões de concreto verticais (Modelo Tubo Vertical) com cerca de 1,5 m de diâmetro, preenchidos por pedregulhos e cascalho na base, geralmente atingindo até 6 metros de profundidade, sendo necessário a instalação de equipamento de bombeamento; e outra denominada de fonte do tipo Caxambu (**Figura 55**), constituída por tubos de concreto horizontais perfurados e cobertos por pedras, brita, lona plástica e terra com cobertura vegetal. Esta última não necessita de equipamento de bombeamento, pois normalmente estão situadas em locais elevados distribuindo a água por gravidade.

A proteção de fontes é uma medida de baixo custo e segundo a EPAGRI, tem diminuído em muito a contaminação biológica nas nascentes; no entanto, é necessário que haja um programa voltado à preservação ambiental, principalmente das matas nativas no entorno das mesmas.



**Figura 53** - Variação da produtividade dos poços com a profundidade.



**Figura 54** - Captações de fontes mais utilizadas no oeste catarinense.



**Figura 55** - Fonte Caxambu no interior do município de Passos Maia.

## 6 - Qualidade das Águas Subterrâneas

---

### 6.1 - Introdução

O estudo hidroquímico das águas subterrâneas realizado no Projeto Oeste de Santa Catarina foi orientado objetivando a reunião de um conjunto de dados que, entre outras coisas, possibilitasse a determinação da adequabilidade da água para consumo humano, animal e fins agrícolas. A interpretação das análises químicas através de gráficos serviu de base também para a definição dos tipos geoquímicos das águas e lançar luzes sobre a sua evolução química.

Durante os trabalhos de campo foram coletadas 183 amostras, das quais 178 em poços tubulares e 5 em nascentes, sendo 2 frias e 3 termais. De acordo com os tipos de aquíferos, foram coletadas 178 amostras em aquíferos fraturados da Formação Serra Geral, sendo 173 amostras de poços tubulares e 5 amostras de nascentes. Com relação aos aquíferos porosos, os mesmos são representados apenas pelo Aquífero Guarani, do qual foram tomadas 4 amostras de poços tubulares, acrescidas de mais 4 análises compiladas de outros laboratórios.

As análises químicas foram realizadas pelo Laboratório de Águas da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (EPAGRI), localizado em Chapecó-SC. Foram determinados os seguintes parâmetros: alcalinidade de bicarbonatos, alcalinidade de carbonatos e hidróxidos, ortofosfato, nitrato em N, nitritos em N, NH<sub>3</sub> em N, Ca, Mg, Na, K, SO<sub>4</sub>, Cl, Fe, Si, Mn, F, CO<sub>2</sub> livre, dureza, sólidos totais dissolvidos e turbidez.

Nos trabalhos de cadastramento de poços no campo foram determinadas *in loco* os valores de pH e condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), utilizando-se o medidor integrado portátil Orion modelo 1230. Os valores de condutividade foram automaticamente corrigidos para a temperatura de 25°C, de modo a permitir a comparação entre os valores obtidos nestes pontos de água.

Os resultados das análises químicas obtidas do Laboratório de Águas da EPAGRI foram apresentados em miligrama por litro (mg/l) e estão organizados em um catálogo de análises por ponto de água (**Tabela VII**, em anexo). Para a interpretação desses resultados, foi transformada a tabela de mg/l para miliequivalentes por litro. Os valores foram obtidos calculando-se os recíprocos dos pesos químicos equivalentes dos íons, baseados nos Pesos Atômicos Internacionais de 1957.

Do total de 183 amostras analisadas, foi desconsiderado o resultado de 1 amostra, eliminada por apresentar erro superior ao limite de erro permissível. Para a construção do Gráfico de Piper e do Diagrama de Stiff foi utilizado o *software* Rockworks.

### 6.2 - Métodos de Análise Laboratorial

Para a realização das análises químicas foi utilizado o Laboratório de Águas da EPAGRI, localizado em Chapecó, visando uma maior uniformização dos resultados. Para complementar o estudo foram utilizadas análises de poços tubulares profundos realizadas através do Lamin-CPRM, Cientec e Cetesb.

As coletas de água e análises químicas foram feitas seguindo a metodologia descrita no "Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater". Os parâmetros analisados e os respectivos métodos estão no **Quadro 13** a seguir.

### 6.3 - Aquíferos Fraturados

#### 6.3.1 - Tipos Geoquímicos das Águas

Os tipos geoquímicos (Grupos e Subgrupos) das águas amostradas nas litologias basálticas foram determinados através do Gráfico de Piper (**Figura 56**), plotando-se os percentuais de miliequivalentes dos principais cátions e ânions. A apresentação dos grupos e subgrupos determinados, o número de amostras de cada subgrupo e sua frequência relativa é feita através do **Quadro 14**.

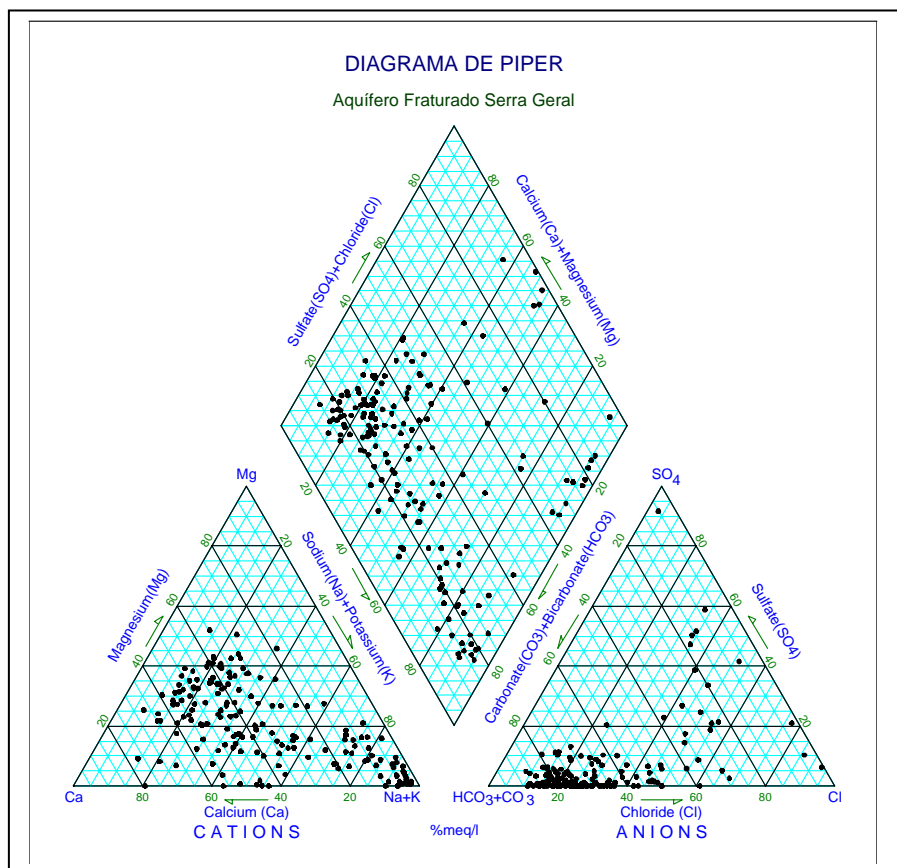


Parâmetro	Unidade	Limite de Detecção	Métodos de Análise
Sódio	mg/l	-	Titulação
Potássio	mg/l	-	Titulação
Cálcio	mg/l	0,40	Titulação
Magnésio	mg/l	0,20	Titulação
Cloreto	mg/l	0,71	Titulação
Sulfato	mg/l	0,0 – 80,00	Colorimetria
Alcalinidade	mg/l Ca CO <sub>3</sub>	2,0	Titulação
Dureza	mg/l Ca CO <sub>3</sub>	2,0	Titulação
Amônia	mg/l	-	Espectrofotometria
Nitrato	mg/l	-	Espectrofotometria
Nitrito	mg/l	-	Espectrofotometria
CO	mg/l	0,01	Cálculo em Ábacó
Fluoreto	mg/l	0,0 – 1,5	Colorimetria
Orto-fosfato	mg/l	-	Espectrofotometria
Ferro	mg/l	-	Colorimetria
Manganês	mg/l	-	Colorimetria
Sílica	mg/l	0,0 – 40,0	Colorimetria
pH	-	0 – 14	Potenciometria
Condutividade Elétrica	μS/cm	-	Potenciometria
STD	mg/l	2,0	Filtração/Evaporação
Coliformes Totais	NMP/100 ml	1,0	Método Enigmático
Coliformes Fecais	NMP/100 ml	1,0	Método Enigmático

Quadro 13 - Métodos de Análises

Tipos Geoquímicos	N.º de amostras	Frequência Relativa (%)	Frequência Acumulada (%)
Bicarbonatadas cálcicas	34	19,6	19,6
Bicarbonatadas cálcio-magnésicas	20	11,6	31,2
Bicarbonatadas cálcio-sódicas	17	10,0	41,2
Bicarbonatadas magnésicas	02	1,0	42,2
Bicarbonatadas magnésio-cálcicas	16	9,1	51,3
Bicarbonatadas sódicas	47	27,0	78,8
Bicarbonatadas sódico-cálcicas	09	5,1	83,9
Bicarbonatadas sódico-magnésicas	01	0,5	84,4
Bicarbonatadas cloretadas magnésio-sódicas	01	0,5	84,9
Cloretadas cálcicas	01	0,5	85,4
Cloretadas magnésio-sódicas	02	1,0	86,4
Cloretadas sódicas	09	5,1	91,5
Cloretadas bicarbonatadas. Cálcicas	01	0,5	92,0
Cloretadas bicarbonatadas sódicas	05	3,0	95,0
Cloretadas bicarbonatadas sódico-magnésicas	01	0,5	95,5
Cloretada sulfatada sódica	02	1,0	96,5
Sulfatada cálcica	01	0,5	97,0
Sulfatada sódica	04	2,0	99,0
Sulfatada cloretada sódica	02	1,0	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>174</b>		

Quadro 14 - Tipos geoquímicos das águas dos aquíferos fraturados



**Figura 56** - Diagrama de Piper das amostras relativas aos aquíferos fraturados.

### 6.3.2 - Características Químicas das Águas

Na área abrangida pelos aquíferos fraturados, foi tratado indistintamente o conjunto de rochas ácidas e/ou básicas pertencentes aos sucessivos derrames, pois apesar de sua variabilidade litoquímica, apresentaram um comportamento hidroquímico muito similar. Dos poços que perfuraram litologias exclusivamente basálticas fraturadas foram coletadas 178 amostras para análise química.

Os resultados das medidas de campo para a condutividade elétrica indicam que apenas 3,3 % das águas possuem valores inferiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , enquanto a média alcança 255,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Correspondentemente, as águas apresentam uma mineralização média de 239,2 mg/l de sólidos totais dissolvidos, não diretamente

correlacionável com a condutividade, pois esta foi tomada para um universo maior de amostras, durante o cadastramento de campo.

Com relação ao pH, as águas procedentes dos poços tubulares variam de ácidas a alcalinas (4,1 a 10,8), enquanto nas nascentes é predominantemente de caráter ácido, com média de 6,0. O valor máximo alcança a 9,6 enquanto o mínimo é de 4,8.

A dureza, expressa em miligramas por litro de  $\text{CaCO}_3$  é calculada por titulação ou pela fórmula  $D = (\text{Ca}/20 + \text{Mg}/12) \times 50$ , com os valores de cálcio e magnésio em miligramas por litro, mostra um valor médio de 84,79 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ . Segundo a classificação de KLUT-OLSZESKI tratam-se de águas moles.

A alcalinidade, expressa também em mg/l de CaCO<sub>3</sub>, analisada apenas nas amostras de laboratório, apresentou um valor médio de 82,35 mg/l de CaCO<sub>3</sub>, sendo que 79,8 % das amostras são inferiores a 100 mg/l de CaCO<sub>3</sub> e 3,5 % ultrapassam a 200 mg/l de CaCO<sub>3</sub>.

## 6.4 - Aquíferos Porosos

### 6.4.1 - Tipos Geoquímicos das Águas

Na área de estudo do projeto, as águas que circulam nas formações porosas estão restritas ao Sistema Aquífero Guarani e ao Aquífero Rio do Rasto, que podem estar sendo captadas em conjunto. No total foram analisados dados de 8 poços tubula-

res, com resultados de análise dos Laboratórios de Águas da EPAGRI (coletadas durante o andamento do projeto), do Lamin-CPRM, Cientec e Cetesb. Uma análise foi descartada por apresentar-se incompleta e com erro acima do permissível.

A partir destas análises químicas, os tipos geoquímicos (Grupos e Subgrupos) das águas amostradas nestas litologias também foram determinadas através do Gráfico de Piper (**Figura 57**), seguindo o mesmo procedimento já descrito na plotagem de cátions e ânions. Os resultados segundo o número de amostras de cada subgrupo pode ser visualizado no **Quadro 15**.

Tipos Geoquímicos	N.º de amostras	Frequência Relativa (%)	Frequência Acumulada (%)
Bicarbonatada sódica	04	57,1	57,1
Bicarbonatada cloretada sódica	01	14,3	71,4
Cloretada sódica	01	14,3	85,7
Sulfatada sódica	01	14,3	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>		

**Quadro 15** - Tipos geoquímicos das águas dos aquíferos porosos.

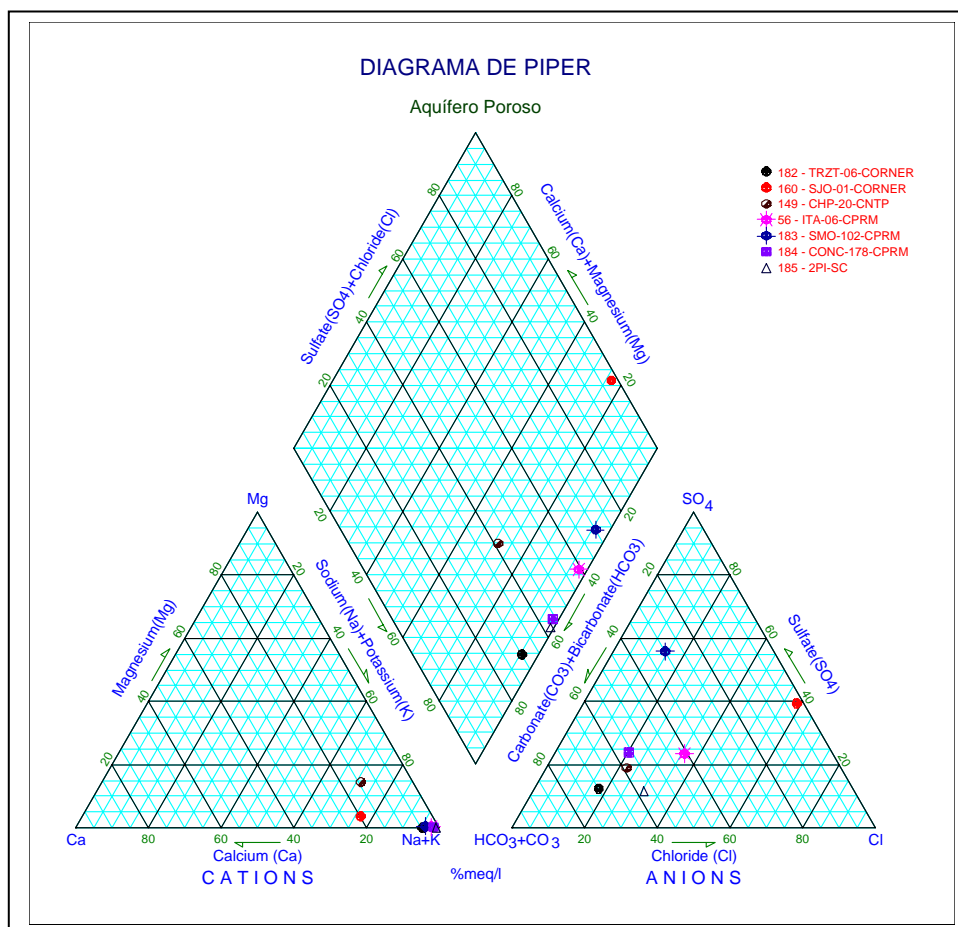
### 6.4.2 - Características Químicas das Águas

O meio poroso é representado pelos Aquíferos Guarani e Rio do Rasto, sendo que das 8 análises efetuadas e/ou compiladas, 5 refletem as características das águas do Aquífero Guarani e 3 as águas captadas em conjunto com o Aquífero Rio do Rasto. Uma análise, correspondente ao poço perfurado pela Prefeitura de Itá, foi descartada por erro analítico.

Durante os trabalhos de campo, as medidas de condutividade elétrica para as águas do Aquífero Guarani resultam em um valor médio de 832,8 µS/cm, enquanto que para as águas resultantes da captação conjunta com o Aquífero Rio do Rasto, o valor médio foi de 2527,0 µS/cm. O valor mínimo de pH foi de 7,36 e o máximo de 9,45, com uma média de 8,42, característicos de águas alcalinas.

A média de sólidos totais dissolvidos para as águas captadas do Aquífero Guarani é de 521,35 mg/l, enquanto que nos poços em que a captação é conjunta com o Aquífero Rio do Rasto a média sobe para 1804 mg/l. Estes resultados confirmam a diferença na qualidade das águas, observada em campo através dos dados de condutividade elétrica.

A dureza, expressa em miligramas por litro de CaCO<sub>3</sub> é calculada por titulação ou pela fórmula  $D = (Ca/20 + Mg/12) \times 50$ , com os valores de cálcio e magnésio em miligramas por litro, apresenta um valor médio de 132,6 mg/l de CaCO<sub>3</sub> para as águas do Aquífero Guarani e 404,0 mg/l de CaCO<sub>3</sub> para os poços que captam conjuntamente os Aquíferos Guarani e Rio do Rasto. Os valores de dureza variam de 5,3 mg/l de CaCO<sub>3</sub> em Concórdia até 748 mg/l de CaCO<sub>3</sub> em São João do Oeste. Segundo a classificação de KLUT-OLSZELSKI, o Aquífero Guarani possui águas algo duras.



**Figura 57** - Diagrama de Piper das amostras relativas aos aquíferos porosos.

A alcalinidade total média para os aquíferos porosos (Guarani e Rio do Rasto) é 158,7 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ .

## 6.5 - Adequabilidade de Uso das Águas

### 6.5.1 - Aquíferos Fraturados

#### 6.5.1.1 Potabilidade

Podem se considerar potáveis águas que, consumidas pelo homem, não ocasionam prejuízos à saúde. Os padrões de potabilidade são variáveis em função das condições do local onde foram estabelecidas pelos órgãos normativos. Nesse projeto utilizou-se a Portaria n.º 1469 do Ministério da Saúde de 29/12/2000 e que é em grande parte similar às normas da Organização Mundial da Saúde. Para deter-

minar a potabilidade das águas dos poços e fontes no Oeste Catarinense, os resultados das análises químicas foram comparadas aos valores recomendados e que estão no **Quadro 16**.

Dos poços perfurados nos aquíferos fraturados basálticos com temperaturas, em geral, inferiores a 21°C, 44 amostras apresentaram valores de pH superiores a 8,5, com um máximo no poço 1534. Águas alcalinas quando utilizadas na piscicultura, podem apresentar problemas para a vida aquática, devendo ser restrito seu uso para tal fim.

Quanto a dureza (presença de sais de cálcio e magnésio), apenas 3 poços (1534, 2199, 2209) apresentaram valores superiores a 500 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ , que limita

ELEMENTO/PARÂMETRO	LIMITE MÁXIMO RECOMENDÁVEL
Cor	5Pt/L
Turbidez	1 UNT
pH	8,5
Fluoretos	1,5 mg/l
Nitratos (NO <sub>3</sub> /N)	10,0 mg/l
Cloretos	250,0 mg/l
Dureza	500,0 mg/l
Ferro Total	0,3 mg/l
Manganês	0,1 mg/l
Sulfatos	250,0 mg/l
Sólidos totais dissolvidos	1000,0 mg/l
Coliformes Fecais	0/100 ml
Coliformes Totais	0/100 ml

Quadro 16 - Limites recomendados para potabilidade

seu uso industrial devido a incrustação nas tubulações. Os poços restantes não mostram restrições para o consumo humano. O maior valor encontrado foi de 740,0 mg/l de CaCO<sub>3</sub>.

Os valores de sulfato foram ultrapassados nos poços (1534, 2199, 2209 e 1852) e de cloretos nos poços 2107 e 2199. O valor máximo de sulfato foi de 622 mg/l, enquanto que o de cloreto alcançou a 957,15 mg/l. Os sulfatos e cloretos produzem gosto desagradável nas águas de consumo, sendo purgativas no caso de excesso de sulfatos e corrosivas pela presença de cloretos.

Nenhum poço amostrado apresentou poluição por nitratos, sendo que o valor máximo foi de 1,10 mg/l (NO<sub>3</sub>/N) no poço 2706.

Teores elevados de nitratos e cloretos são claros indicativos de poluição de origem orgânica dos aquíferos, em geral decorrentes de dejetos de suínos e humanos. Com base nos dados obtidos, se existir contaminação por nitratos na área do projeto, é localizada e de pequena importância quando relacionada com a extensão areal do aquífero.

Quanto aos fluoretos, 9 poços amostrados apresentaram teores levemente

superiores aos máximos recomendáveis. O maior valor foi encontrado no poço 634. Dos elementos prejudiciais que podem ser encontrados na água, o flúor destaca-se pela rapidez com que ataca o esmalte dentário e a formação óssea dos seres humanos. O número de poços nos quais ultrapassa os limites de potabilidade é muito pequeno em relação ao universo pesquisado, não sendo o flúor nesta região responsável por problemas de saúde pública.

O ferro e o manganês em grandes teores são responsáveis por depósitos nas tubulações industriais, produzindo gosto e manchas nas roupas. Para o consumo humano são mais desagradáveis do ponto de vista visual, já que aumenta a turbidez e a cor das águas. Das amostras analisadas, 14 apresentaram valores de ferro superiores aos recomendáveis, com um máximo de 5,66 mg/l. Quanto ao manganês, o número de poços com alto teor caiu para 7 com um valor extremo de 5,69 mg/l.

A salinidade da água expressa em STD, foi alta em seis poços amostrados, sendo 2048,0 mg/l o máximo encontrado. Altos teores são inconvenientes para o consumo humano e industrial.

Um único poço de águas minerais apresentou valores de flúor (1,84 mg/l), cloretos (1885,94 mg/l), dureza (1380 mg/l)

de CaCO<sub>3</sub>), e sólidos totais (5450,0 mg/l). Esses dados confirmam a não potabilidade da água.

Quanto as 3 fontes termiais analisadas, o flúor, nitrato, dureza, ferro e manganês, apresentam-se dentro dos limites de potabilidade. Duas fontes apresentaram pH de 9,06 e 9,16 e conteúdos de cloretos (304,87 mg/l) e sulfatos (máx. de 580 mg/l). O conteúdo de sais dissolvidos de uma fonte ultrapassou os valores recomendados alcançando 1942 mg/l de sais.

As demais fontes e nascentes das áreas basálticas não apresentaram problemas de potabilidade do ponto de vista químico.

Dentro do universo de amostras analisadas no Laboratório de Águas da EPAGRI, nota-se que apenas um pequeno número de poços e fontes apresentaram problemas relacionados com a potabilidade e para o uso industrial. Isto indica que, do ponto de vista físico-químico e químico, as águas captadas dos poços nos aquíferos fraturados representam uma grande reser-

va de águas de boa qualidade para esta região, merecendo maiores cuidados quanto a sua preservação.

Também foi estudada a potabilidade do ponto de vista biológico, utilizando-se as análises bacteriológicas coletadas de empresas de saneamento, agroindústrias, UHE's (Usinas Hidrelétricas) e por particulares, que se detiveram na determinação de coliformes fecais e totais. A seguir serão tecidas algumas considerações sobre a presença de coliformes em águas captadas de alguns poços. Não foram realizadas análises pelo projeto, pois seu objetivo foi direcionado para a pesquisa de água subterrânea como um recurso regional, não se detendo em problemas específicos e locais que alguns poços apresentaram com respeito à qualidade bacteriológica.

As conclusões foram baseadas em 131 análises bacteriológicas, das quais 15 foram extraídas de relatórios das UHE's. O **Quadro 17** sintetiza os resultados obtidos em relação às entradas de água e posicionamento dos revestimentos.

Situação dos Poços	Número de Poços	%
Poços c/Entrada de Água < 20 m	1/56	1,8
Poços c/Revestimentos < 20 m	32/56	57,1
Poços c/Revestimento e Entrada de Água > 20 m	13/56	23,2

**Quadro 17** - Relação das entradas de água, revestimentos e presença de coliformes em poços tubulares

Observa-se que nos poços em que os revestimentos apresentam comprimentos menores ou iguais a 20 metros, existe uma maior percentagem de ocorrência de coliformes totais e fecais. Dos 131 poços analisados, 56 detectaram presença de coliformes, entretanto, os valores relacionados com os coliformes fecais possuem como valor máximo 100/ml no poço 1892 (MDL – 01 – CIDA), sendo que nos outros poços são próximas de zero, indicando que houve contaminação incipiente ou que ocorreram problemas de amostragem, devendo estes resultados serem tomados com reserva.

O modo de ocorrência dos aquíferos fraturados na área, apresentando várias entradas de água, dificultam a localização das fraturas portadoras de coliformes, já que a água analisada provém de mistura de diversas entradas de água. De uma maneira geral pode-se dizer que, apesar das condições adversas a que os aquíferos fraturados estão sujeitos nessa região, os problemas relacionados com contaminação deste recurso hídrico ainda são muito incipientes e localizados. Nas captações através de poços é importante o isolamento do primeiro nível de água, mais sujeito às influências externas.

### 6.5.1.2 - Irrigação

A qualidade da água para irrigação foi determinada baseando-se na classificação e metodologia americana do US Salinity Laboratory. Essa classificação é realizada através do cruzamento dos dados obtidos de condutividade elétrica em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25 °C e a razão de adsorção de sódio (SAR) que é calculada através dos valores analisados de sódio, cálcio e magnésio transformados em miliequivalentes por litro, pela seguinte expressão:

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{(rCa + rMg)}{2}}}$$

De um modo geral, as águas dos aquíferos fraturados basálticos não apresentam restrição quanto a sua utilização na irrigação, estando predominantemente nas classes C1-S1 e C2-S1. As águas pertencentes a classe C1-S1 podem ser utilizadas sem restrição na irrigação. A classe C2-S1 compreende águas de salinidade média, condutividades entre 250 e 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e também fracamente sódicas. Sua utilização na irrigação está condicionada à lixiviação moderada do solo podendo ser empregada até para plantas de fraca tolerância salina. Risco de sódio são mínimos. Das águas de poços e fontes frias e quentes na área, apenas os poços que apresentaram alto conteúdo de sais dissolvidos devem ser evitados para o uso na irrigação.

### 6.5.2 - Aquíferos Porosos

#### 6.5.2.1 - Potabilidade

Das águas captadas dos aquíferos porosos (Guarani e Rio do Rasto), valores de pH superiores aos limites recomendados, são encontrados no poço profundos de Treze Tílias (TRTZ-06-CONT) e Itá (ITÁ-06-CPRM).

Os valores de flúor, nitratos, ferro e manganês são em geral muito baixos, sendo que o maior conteúdo em flúor (1,22 mg/l) pertence ao poço de São João do Oeste (SJO-01-CORNER), que capta predominantemente litologias do Aquífero Rio

do Rasto. O valor de 0.44 mg/l para o ferro total do poço de Chapecó (CHP-20-CNTP), ocasiona presença de maior turbidez na água.

Dos poços profundos perfurados nos Aquíferos Guarani e Rio do Rasto, apenas o poço de São João do Oeste apresentou teores superiores ao limite de potabilidade para cloretos, sulfatos e dureza, respectivamente de 1293,0 mg/l, 1180,0 mg/l e 748 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ . Estes valores inviabilizam o uso destas águas no abastecimento público, industrial e agrícola.

#### 6.5.2.2 - Irrigação

A adequabilidade para uso das águas captadas pelo Aquífero Guarani em irrigação deve ser encarada com reservas. As águas deste aquífero poroso geralmente apresentam condutividades superiores a 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com águas de alta salinidade e fortemente sódicas. Seu uso se restringe aos solos com bom sistema de drenagem e em cultivos de boa tolerância à salinidade.

Existe o risco de aparecimento de teores nocivos de sódio. As águas do Aquífero Rio do Rasto não devem ser utilizadas na irrigação.

### 6.6 - Evolução das Águas Subterrâneas no Oeste Catarinense

#### 6.6.1 - Aquíferos Fraturados

A composição química das águas dos aquíferos fraturados basálticos, como pode-se visualizar no **Quadro 14**, é predominantemente bicarbonatada, compreendendo 84,9 % das amostras analisadas. As águas de composição catiônica cálcica e/ou magnésica são representadas por 51,8% das amostras e correspondem à evolução natural hidrogeoquímica das águas que percolam as rochas basálticas. Outra característica importante para estas águas é o conteúdo em sólidos totais dissolvidos geralmente baixo, valores de pH que variam desde muito ácido até alcalino, além de baixos valores de alcalinidade e dureza.

Os restantes 15,1 % das amostras apresentaram predominância dos ânions

cloreto (11,6%) e sulfato (3,5%), com o cátion sódio predominando na composição química. Estas águas caracterizaram-se por apresentarem valores de pH geralmente alcalinos, maior concentração salina e baixa dureza.

A interpretação destes resultados de análise química, onde se verifica a predominância do sódio sobre os demais cátions, não reflete as condições de evolução hidrogeoquímica típica para aquíferos fraturados basálticos, recarregados através da precipitação pluviométrica. Além desta constatação, verifica-se que 48,2 % das amostras apresentam além das águas bicarbonatadas sódicas, tipos geoquímicos sulfatados e cloretados predominantemente sódicos.

Ocorrem em toda a área do projeto litologias arenosas, associadas ao Aquífero Guarani, estando totalmente confinadas pelos derrames vulcânicos, com uma evolução geomorfológica baseada na erosão e nas condições estruturais reinantes e com os níveis potenciométricos que variam em relação aos níveis encontrados no aquífero fraturado. Desse modo, foram criadas as condições para um intercâmbio entre as águas dos dois aquíferos.

O estabelecimento de um modelo conceitual hidrogeoquímico definitivo foge aos objetivos deste projeto, entretanto, a realização e interpretação das análises químicas, associadas ao levantamento geológico e hidrogeológico permitiram algumas conclusões sobre a evolução geoquímica das águas do aquífero fraturado basáltico:

1 – As águas de tipo geoquímico bicarbonatado, com predominância dos cátions cálcio e magnésio, estão associadas com as áreas de recarga dos aquíferos fraturados através das precipitações pluviométricas e compreendem as águas de menor tempo de residência ou circulação. Das características físico-químicas e químicas, destacam-se por apresentar valores mais baixos de pH e sólidos totais dissolvidos.

2 – As águas de tipo geoquímico bicarbonatado, com predominância do cátion sódio apresentam características no Gráfico de

Piper e no Diagrama de Stiff, muito similares aos padrões exibidos pelas águas encontradas no Aquífero Guarani. Destacam-se por apresentar valores de pH invariavelmente alcalinos, baixa dureza e sólidos totais dissolvidos com valores que sugerem mistura com águas provenientes de áreas de potenciometria mais elevada do aquífero subjacente.

3 – As águas de tipo geoquímico sulfatado, também apresentam predomínio do cátion sódio, com pH alcalino, baixo valor de dureza e maior teor de sais dissolvidos. Representam misturas de águas provenientes de regiões de circulação mais profunda dos Aquíferos Guarani e Rio do Rasto, com águas descendentes dos aquíferos fraturados em condições favoráveis de potenciometria.

4 – As águas de tipo geoquímico cloretado, predominantemente sódicas, apresentam um pH alcalino, baixa dureza e teores mais elevados de sais dissolvidos. Estas características estão relacionadas com as águas de maior tempo de residência, que ocorrem principalmente nas camadas aquíferas do Rio do Rasto ou nas rochas sedimentares permianas mais antigas, como nas formações Rio Bonito e Rio do Sul, cujas águas analisadas pela Petrobrás apresentaram alto teor salino de cloreto de sódio.

A ocorrência de termalismo nas águas captadas de poços tubulares e fontes no aquífero basáltico, é provavelmente uma das principais características que comprovam sua interligação com os aquíferos subjacentes. Esta afirmação pode ser facilmente corroborada pela análise do mapa geológico, onde é possível visualizar a estruturação dos derrames. Em áreas de fraturamentos profundos, como nas proximidades da calha do rio Uruguai, as porções superiores do aquífero praticamente não recebem recarga através das precipitações, sendo as águas captadas dos poços e fontes originadas dos aquíferos subjacentes, com temperaturas que ultrapassam a 36° C. Através do trabalho de cadastramento de poços no campo, os valores preliminares de qualidade de água obtidos pelas medidas de pH, condutividade elétrica e temperatura demonstraram a grande



diversidade química, não compatível com áreas basálticas. As análises completas de água em laboratório confirmaram as anomalias hidrogeoquímicas detectadas nos trabalhos de campo.

### 6.6.2 - Aquíferos Porosos

O traçado de uma evolução hidrogeoquímica dos Aquíferos Guarani e Rio do Rasto na área do projeto é dificultada pela pequena quantidade de análises químicas disponíveis. Isto é devido a grande profundidade de ocorrência destes aquíferos, que situam-se na ordem de 500 metros, podendo alcançar até mais de 1300 metros na região do extremo oeste do estado. Desse modo, a interpretação baseia-se em 8 análises químicas.

De acordo com o **Quadro 15**, verifica-se que 71,4% das amostras referem-se a águas bicarbonatadas, sendo que destas 57,1% são exclusivamente bicarbonatadas sódicas. Embora exista um reduzido número de poços que captam os aquíferos porosos profundos, estes se distribuíram uniformemente na área do projeto, o que permitiu estender algumas conclusões.

Verifica-se através dos perfis geológicos e construtivos, que os poços que captam exclusivamente o Aquífero Guarani possuem águas de bicarbonatadas sódicas a bicarbonatadas cloretadas sódicas. Não existe dentro da região abrangida pelo projeto nenhuma área de recarga por precipitação pluviométrica (áreas de afloramento do aquífero). Como as águas possuem predominância do cátion sódio, elas apresentam a mesma composição química do Aquífero Guarani nos estados do Rio

Grande do Sul e Paraná.

A presença de águas bicarbonatadas tão distantes da área de recarga em afloramento, sugere a existência de recarga através do aquífero fraturado confinante. A mistura de águas deste aquífero com o sobrejacente dá-se através de fraturamentos associados às zonas onde o nível potenciométrico do aquíferos poroso é menor do que o do aquífero fraturado.

Os valores de sais totais dissolvidos, que variam de 306 mg/l até 892,77 mg/l para águas bicarbonatadas sódicas, seriam anômalos caso a recarga ocorresse exclusivamente pelas áreas de afloramento, o mesmo constatando-se através dos valores de pH. Desse modo, as águas captadas do Aquífero Guarani, em sua porção superior eólica (correspondente à Formação Botucatu) varia de bicarbonatada sódica a bicarbonatada cloretada sódica.

Os 28,6% das amostras restantes correspondem a águas sulfatadas e cloretadas, com predominância do cátion sódio. Levando-se em consideração a evolução geoquímica das águas naturais:  $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$  para as águas recém infiltradas e  $\text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{HCO}_3$  e  $\text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$  para as águas de maior tempo de residência, conclui-se que os aquíferos captados por esses poços encontram-se provavelmente em áreas de descarga. Como o poço perfurado em São João do Oeste atravessou pequena espessura de arenitos eólicos, as suas reservas de água originadas do Aquífero Rio do Rasto constituem-se de águas cloretadas sódicas com altos valores de sais dissolvidos.

## 7 – Conclusões

Os estudos multidisciplinares do Projeto Oeste de Santa Catarina possibilitaram tecer uma série de considerações com respeito à situação dos recursos hídricos subterrâneos da região, destacando suas condições hidrogeológicas, potencialidade, qualidade físico-química das águas subterrâneas e aspectos construtivos dos poços tubulares. Dentre as informações obtidas destacamos a seguir as principais conclusões a respeito da região estudada:

- Existem dois aquíferos principais na região Oeste do Estado de Santa Catarina: o aquífero poroso, representado pelas formações Botucatu, Pirambóia e os arenitos relacionados com a Formação Rio do Rasto; e o aquífero fraturado desenvolvido sobre as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral;
- Os aquíferos porosos representam a principal reserva estratégica de água subterrânea, com grande potencialidade para o aproveitamento turístico e industrial devido as suas condições geotérmicas. Ocorrem em profundidades que variam de cerca de 360 m e 1.267 m e são explorados na região somente por sete poços tubulares profundos;
- Os aquíferos fraturados são descontínuos, de regime livre ou confinado e constituem o principal recurso de água subterrânea na região. Suas características permitem a captação de água subterrânea a um custo reduzido, suprindo satisfatoriamente as comunidades rurais, indústrias e até sedes de pequenos municípios;
- O meio rural com alto potencial de consumo d' água principalmente na criação de suínos, aves e na piscicultura atende sua demanda através de poços tubulares de até 300 m ou através do aproveitamento de fontes naturais, comunitários ou individuais, que captam água do Aquífero Fraturado Serra Geral;
- Nas áreas urbanas o maior consumo relaciona-se ao abastecimento público e industrial. A Companhia de Água e Saneamento de Santa Catarina-CASAN abastece

vários municípios com água subterrânea do Aquífero Fraturado Serra Geral. Os grandes frigoríficos, maiores consumidores de água, geralmente utilizam no seu processo industrial águas superficiais (rios e açudes) e exploram poços tubulares no Aquífero Fraturado Serra Geral e raramente no Aquífero Poroso (Guarani);

- Os balneários hidrotermais constituem outro freqüente uso das águas subterrâneas na região do oeste catarinense. Estas águas ocorrem localmente e possuem características minerais e temperatura diferenciadas. Os Balneários de Piratuba e da Estância das Águas Quentes, extraem água do Aquífero Guarani com temperaturas próximas a 40° C. Águas de Prata em São Carlos, Ilha Redonda em Palmitos, Águas de Chapecó e Quilombo, possuem águas que atingem em média 38°C e estão relacionadas com fraturas profundas;
- O Projeto Oeste de Santa Catarina-PROESC inventariou em campo 2.723 poços tubulares entre abril de 1998 e junho de 2001, em uma área de 22.500 km<sup>2</sup> que abrangeu 110 municípios. As sedes municipais de Chapecó, Concórdia e São Miguel d' Oeste possuem uma grande concentração de poços tubulares particulares, principalmente em edifícios residenciais. Em tais áreas verificam-se vários casos de interferências entre poços, causando rebaixamento dos níveis do aquífero e diminuição nas vazões;
- Os poços construídos no Aquífero Fraturado Serra Geral apresentam profundidades máximas de 310 metros e média de 117 metros, com 70,3 % das entradas d'água entre 100 e 150 metros, e vazão média de 7,7 m<sup>3</sup>/h;
- Os principais contribuintes para o armazenamento e circulação de água subterrânea nas rochas vulcânicas decorrem de fatores de ordem litológica, geomorfológica, e estrutural;
- De modo geral a melhor situação para a ocorrência de água subterrânea se dá quando há vários pequenos derrames

empilhados, separados por autobrechas e arenitos intertrápicos, interceptados por fraturas tectônicas, em terrenos de topografia suavizada e pouco dissecada;

- As piores condições de ocorrência de água subterrânea dão-se em terrenos declivosos e dissecados, com derrames bastante espessos e maciços;

- A região foi separada em sete domínios hidrogeológicos conforme seu potencial para ocorrência de água subterrânea. Nas áreas de baixo potencial não devem ser perfurados poços tubulares, preferindo-se buscar alternativas como a proteção de fontes;

- Das amostras analisadas no Laboratório de Águas da EPAGRI, nota-se que apenas um pequeno número de poços e fontes apresentaram problemas relacionados com a potabilidade e para o uso industrial, indicando que, do ponto de vista físico-químico e químico, as águas captadas dos poços nos aquíferos fraturados representam uma grande reserva de boa qualidade para a região, merecendo maiores cuidados quanto a sua preservação;

- As águas de tipo geoquímico bicarbonatado, com predominância dos cátions cálcio e magnésio, estão associadas com as áreas de recarga dos aquíferos fraturados através das precipitações pluviométricas e compreendem as águas de menor tempo de residência ou circulação. Destacam-se por apresentar valores mais baixos de pH e de sólidos totais dissolvidos;

- Águas do tipo geoquímico bicarbonatado, com predominância do cátion sódio apresentam características muito similares às águas encontradas no Aquífero Guarani. Destacam-se por apresentar valores de pH invariavelmente alcalinos, baixa dureza e sólidos totais dissolvidos com valores que sugerem mistura com águas provenientes de áreas de potenciométrica mais elevada do aquífero subjacente;

- As águas de tipo geoquímico sulfatado representam misturas de águas provenientes de regiões de circulação mais

profunda dos Aquíferos Guarani e Rio do Rasto, com águas descendentes do aquífero fraturado em condições potenciométricas favoráveis;

- As águas do tipo geoquímico cloretado, predominantemente sódicas, apresentam um pH alcalino, baixa dureza e teores mais elevados de sais dissolvidos. Tais características estão relacionadas com as águas de maior tempo de residência, que ocorrem principalmente nas camadas aquíferas do Aquífero Rio do Rasto ou nas rochas sedimentares permianas mais antigas, como nas formações Rio Bonito e Rio do Sul;

- A ocorrência de termalismo nas águas captadas de poços tubulares e fontes no aquífero basáltico comprovam sua interligação com os aquíferos subjacentes;

- De um modo geral as águas dos aquíferos fraturados não apresentam restrição quanto a sua utilização na irrigação, estando dominantemente nas classes C1-S1 e C2-S1 (US Salinity Laboratory), de baixa condutividade elétrica e pequeno risco de sódio;

- Apesar das condições ambientais adversas a que os aquíferos fraturados estão sujeito na região, os problemas relacionados com contaminação deste recurso hídrico ainda são muito incipientes e localizados, geralmente relacionados a poços mal construídos ou abandonados;

- Nenhum poço amostrado apresentou poluição por nitratos, sendo que o valor máximo foi de 1,10 mg/l (NO<sub>3</sub>-N);

- Nas captações através de poços é importante frisar que devem ser isoladas as primeiras entradas d' água, mais suscetíveis às influências externas;

- Nos poços em que os revestimentos apresentam comprimentos menores que 20 metros existe uma maior percentagem de ocorrência de coliformes totais e fecais;

- As águas do Aquífero Guarani na área, apesar de possuírem baixos teores

de flúor, apresentam restrições a potabilidade, principalmente no tocante ao conteúdo de sólidos totais dissolvidos. Suas

águas geralmente muito salinas e fortemente sódicas também são inadequadas para a irrigação.

---

## 8 - Recomendações

Os dados e resultados do levantamento realizado pelo PROESC permitem recomendar uma série de ações de caráter institucional a fim de minimizar a problemática da água na região a curto e médio prazo. Destacam-se as seguintes sugestões:

- Atualização e continuidade do cadastramento de poços;
- Incremento na fiscalização da perfuração de poços;
- Deter maior atenção aos poços abandonados, realizando campanha para a cimentação dos mesmos;
- Fomento à proteção de fontes, principalmente nas áreas de pequeno potencial hidrogeológico;
- Implementação de uma rede de monitoramento quantitativo e qualitativo de poços tubulares;
- Instalação de dispositivos antidesperdício nos poços jorrantes;
- Incentivo à cultura do reaproveitamento de águas residuais (reuso);

## 9 - Referências Bibliográficas

---

- ALMEIDA, F. F. M. de. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozóico no Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.16 , n.4 , p. 325 – 349, 1986.
- ALMEIDA, F. F. M. de. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. **Boletim Geológico e Mineralógico**, Rio de Janeiro, n.241 , p. 36 , 1967.
- ALTHOFF, D. A. **Balço hídrico seriado de Santa Catarina**. Florianópolis : EMPASC, 1981. 62 p. (Boletim Técnico, 7).
- AMARAL G. ; PAIVA FILHO, A ; CRÓSTA, A. P. Integrated remote sensing, geological and geophysical data processing and analysis for hydrocarbon prospecting in the Parana basin. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
- ARAÚJO, L. M. ; FRANÇA, A . B. ; POTTER, P. E. Arcabouço hidrogeológico do aquífero Gigante do Mercosul (Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai) : Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Taquarembó. In : MERCOSUL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1, Curitiba , 1985. **Anais...** Curitiba : ABAS , 1995. p. 110-120.
- BELLIENI, G. ; BROTZU, P. ; COMIN-CHIARAMONTI, P. ; ERNESTO, M. ; MELFI, A. J. ; PACCA, I. G. ; PICCIRILLO, E. ; STOLFA, D. Petrological and paleomagnetic data on the plateau basalt to rhyolite sequences of the Southern Paraná Basin (Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 55, p. 355 – 383 , 1983.
- BERGAMASCHI, H. et. al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre : UFRGS , 1992. 125p.
- BRASIL. , Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE. **Inventário das estações fluviométricas**. Brasília , 1996. 1 v.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapeamento Geológico Integrado da Bacia Hidrográfica do Guaíba (Pró-Guaíba)** - folhas Porto Alegre, Cachoeira do Sul, Passo Fundo, Caxias do Sul, São Gabriel, Santiago, Santa Maria, Cruz Alta, Vacaria, Gravataí e Cidreira. Porto Alegre : CPRM/FEPAM , 1998. 11 mapa color. 57 cm x 80 cm. cada Escala 1: 250.000.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **FOLHA SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim** : geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1986. 796 p. (Levantamento de Recursos Naturais, v.33).
- CHIES, J. O . **Petrologia e Geoquímica do Vulcanismo Mesozóico da Bacia do Paraná na Região Ocidental do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 1991. 223 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.
- CRÓSTA, A . P. Estruturas de impacto no Brasil: uma síntese do conhecimento atual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador , 1982. **Anais...** Salvador : SBG , 1982. v. 4. p. 1372-1377.

- FRAGA, G. C. **Introdução ao zoneamento do Sistema Aqüífero Serra Geral no Estado do Paraná**. 1986. 132 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências- USP, São Paulo, 1986.
- MANTOVANI, M. S. M. ; MARQUES, L. S. ; SOUZA, M. A. de ; CIVETTA, L. ; ATALLA, L. T. ; INNOCENTI, F. Trace element and strontion isotope constraints of the origin and evolution of Paraná continental, flood basalts of Santa Catarina (Southern Brazil). **Journal of Petrology**, v. 26, n.1, p.187 – 209 , 1985.
- MANTOVANI, M. S. M. ; WILDNER, W. ; JUCHEM, P. L. **Paraná Basin Magmatism, Stratigraphy and Mineralization (Southern Brazil)**. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, Rio de Janeiro, 2000. 63 p. (Pre-Congresss Field Trip Bft 01)
- MARIMON, M. P. C. ; AYALA, L. ; MOREIRA, M. L. O. 1982 Formação Serra Geral no sul do Brasil, rochas básicas e ácidas; sua distribuição, petrografia e litoquímica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador , 1982. **Anais...** Salvador : SBG , 1982. v. 2 , p. 403-415.
- MORAES, M. C. de ; RICCOMINI, C. ; MELO, M. S. ; RODRIGUES, E. de P.; GIMENEZ FILHO, A. – 1982 – Contribuição ou estudo do vulcanismo intermediário e ácido da Formação Serra Geral: as ocorrências do Alto Jacuí (RS) e da Serra do Cadeado (PR) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador , 1982. **Anais...** Salvador : SBG , 1982. v.4: p. 1351 – 1361.
- MUHLMANN, H. ; SCHNEIDER, R. L. ; TOMMASI, E. ; MEDEIROS, R. A . ; DAEMON, R. F. ; NOGUEIRA, A . A . **Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná**. Ponta Grossa : PETROBRÁS/DESUL , 1974. 186 p. (Relatório DESUL, 444)
- PAIVA FILHO, A. ; CRÓSTA, A. P. ; AMARAL, G. Utilização de dados de sensoriamento remoto no estudo estratigráfico e estrutural da Formação Serra Geral (Sul do Brasil). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Brasília , 1982. **Atas...** Brasília : SBGf, 1982.
- PAIVA FILHO, A. **A formação Goio-En do riodacito pórfiro nas efusivas da Bacia Sedimentar do Paraná**. Lençóis, BA : SNET, 1999.
- PAIVA FO., A. ; ANDRADE, C. A. V. de ; SCHEIBE, L. F. Uma janela estratigráfica no oeste de Santa Catarina: O domo de Vargeão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife , 1978. **Anais...** Recife : SBG , 1978. v. 1 , p. 408-412.
- PANDOLFO, C. ; BRAGA, H. J. et al. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis : EPAGRI , 2002. 1 CD-Rom.
- PEATE, D. W. ; HAWKESWORTH, C. J. ; MANTOVANI, M. S. M. Chemical stratigraphy of the Paraná lavas, South Americ : classification of magma types and their spatial distribution. **Bulletin of Volcanology**, Berlim , v. 55 , p. 119-139 , 1992.
- PHILIPP, R. P. ; VIERO, A. P. ; NEVES, P. C. P. ; ROBAINA, L. E. S. ;ZANETTE, I. L. Caracterização geológica e petrológica preliminar do vulcanismo ácido da região de Campos Novos, Santa Catarina. **Boletim IG- USP**, Série Científica, n. 25 , p.17 – 27 , 1994.

- PICCIRILLO, E. M. ; MELFI, A. J. ; COMIN-CHIARAMONTI, P. ; BELLINI, G.; ERNESTO, M. ; MARQUES, L.S. ; NARDY, A. J. R. ; PACCA, I. G.; ROISENBERG, A. ; STOLFA, D. Continental flood volcanism from the Paraná Basin (Brazil). In: Mc DOUGALL, J. D. (Ed.) **Continental flood basalts**. New York : Klawer , 1988. p. 195 – 283.
- QUINTAS, M. C. L. ; MANTOVANI, M. S. M. ; ZALÁN, P. V. Uma contribuição para o estudo da evolução mecânica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29 , n.3 , p. 217 – 226 , 1999.
- REBOUÇAS, A . da C. **Diagnóstico do setor hidrogeologia**. São Paulo : ABAS, 1996. 46 p. (Caderno Técnico nº 3).
- REBOUÇAS, A . da C. **Recursos hídricos subterrâneos da Bacia do Paraná** : análise de pré-viabilidade. 1976. 143 p. Tese (Livre Docência nas disciplinas da área de Hidrogeologia do Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada ) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – USP , São Paulo , 1976.
- REBOUÇAS, A. C. & FRAGA, C. G. Hidrogeologia das rochas vulcânicas do Brasil. **Revista Água Subterrânea**, São Paulo, n. 12, p 30-55. 1988.
- REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT , 16, Buenos Aires, 1982. **Actas...** Buenos Aires, 1982. v. 1, p. 155 – 163.
- ROCHA, G. A . Megarreservatório de água subterrânea do Cone Sul : bases para uma política de desenvolvimento e gestão. In: SEMINÁRIO E WORKSHOP INTERNACIONAL DO A-QUÍFERO GIGANTE DO MERCOSUL, Curitiba, 1996. **Paper...** Curitiba, 1998. 28 p.
- ROCHA-CAMPOS, A. C. ; CORDANI, U. G. ; KAWASHITA, K. ; SONOKI, H.; SONOKI, Y. Age of the Paraná flood volcanism. In: E. M. PICCIRILLO & A. J. MELFI (Eds.) **The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin**: petrogenetic and geophysical aspects. São Paulo: IAG/USP, 1988. p. 25-46.
- ROSA FILHO, E. F. da ; FORLIN, M. ; XAVIER, J. M. Informações básicas sobre a distribuição do sistema aquífero Guarany nas regiões sul e sudeste do Brasil. **A Água em Revista**, Belo Horizonte, v. 6, n. 10 , p. 23-26 , 1998.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SDM. **Bacias Hidrográficas de Santa Catarina**: diagnóstico geral. Florianópolis , 1997. 1 v.
- SCHUCK, M. T. O . ; LISBOA, N. A. ; EICK, N. C. Análise e interpretação lito-estrutural de imagens. Uma aplicação do conceito “multi”na faixa metamórfica ao sul de Santana da Boa Vista-RS. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Gramado , 1986. **Anais...** Gramado : INPE/SELP/SBC , 1986. v. 2 , p.447-452.
- SILVA, L. C. da. & BORTOLUZZI, C. A. (eds.) **Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina** : texto explicativo . Florianópolis : DNPM/SCTME , 1987. p. 135-167. (Textos básicos de geologia e recursos minerais de Santa Catarina, 1)
- STEWARTH, K. ; TURNER, S. ; KELLEY, S. ; HAWKESWORTH, C. J. ; KIRSTEIN, L. ; MANTOVANI, M. S. M. 3 – D 40Ar 39Ar geochronology in the Paraná Continental Flood Basalt Province. **Earth and Planetary Science Letters**, v.143 , p. 95 – 109 , 1996.



- SZUBERT, E. C. Esquema interpretativo da evolução geológica das rochas vulcânicas mesozóicas da Bacia do Paraná. **Acta Geológica Leopoldensia**, São Leopoldo, n. 3 , 1979. (Estudos tecnológicos nº 10).
- THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. The water balance. **Climatology**, v. 8, n.1, p.1-104 , 1955.
- TOLAN, T. L. ; REIDEL, S. P. ; BEESON, M. H. ; ANDERSON, J. L. ; FECHT, K. R. ; SWANSON, D. A . Revisions to the estimates of the areal extent and volume of the Columbia River Basalt Group. In: REIDEL, S. P. & HOOPER, P. R. (Eds.) Volcanism and tectonism in the Columbia river flood-basalt province. **Geological Society of America** , Special paper, n. 239 , 1989.
- WHITE, I.C. **Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil** : final report. Rio de Janeiro : Imprensa Nacional , 1908. 617 p.
- WILDNER, W . & LIMA, E. F. de. Química mineral de uma parcela das unidades de lava da Bacia do Paraná e suas implicações estratigráficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 50, Belo Horizonte , 1998. **Boletim de Resumos...** Belo Horizonte : SBG , 1998. p. 111.
- WILDNER, W. & LIMA, E. F. de. Parana Basin flood basalts – mineral chemistry and stratigraphic correlation in the Southern border of the province. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF VOLCANOLOGY AND CHEMICAL OF THE EARTH INT. GENERAL ASSEMBLY, Cape Town, South África, 1999. p.1558.
- ZALÁN, P.V. ; WOLFF, S. ; ASTOLFI, M. A. M. VIEIRA, I.S., CONCEIÇÃO, J.C.J., APPI, V.T., NETO, E.V.S., CERQUEIRA, J.; R. ; MARQUES, A. The Paraná Basin, Brazil. In: LEIGHTON, M. W. ; KOLATA, D. R. ; OLTZ, D. F. Interior cratonic basins. **American Association of Petroleum Geologists, Memoir**, v. 51, p. 681-708 , 1990.
- ZALÁN, P.V. ; WOLFF, S. ; CONCEIÇÃO, J.C.J., ; MARQUES, A. ; ASTOLFI, M. A . M. ; VIEIRA, I. S. ; APPI, C. T. ; ZANOTTO, O . A . Bacia do Paraná. In: GABAGLIA, G. P. R. & MILANI, E. J. **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares**. Rio de Janeiro : PETROBRÁS , 1990. p.135-168.



### Tabelas

**Tabela VI - Pontos d'água cadastrados por município**

**Tabela VII - Análises físico-químicas**

### Mapas

- **Mapa Geológico na escala 1:250.000 – folhas SG-22-Y-A, SG-22-Y-B, SG-22-Y-C e SG-22-Y-D;**
- **Mapa de Produtividade de Poços Tubulares no Aquífero Fraturado Serra Geral na escala 1:250.000 – folhas SG-22-Y-A, SG-22-Y-B, SG-22-Y-C e SG-22-Y-D;**
- **Mapa Hidroquímico na escala 1:250.000 – folhas SG-22-Y-A, SG-22-Y-B, SG-22-Y-C e SG-22-Y-D;**
- **Mapa de Domínios Hidrogeológicos na escala 1:500.000;**
- **Mapa Climatológico na escala 1:500.000**
- **Mapa de Precipitação Média Mensal na escala 1:500.000**
- **Mapa de Vazão Média Mensal Específica na escala 1:500.000**



MUNICÍPIO	Período do Cadastro		nº total	tipo de ponto			situação do ponto				valores médios dos parâmetros							
	de	a		T	F	E	U	NU	At	Ab	P	R	E.A.	Q	N.E.	Q/s	pH	C.E.
Abelardo Luz	18/03/98	20/11/00	38	30	7	1	25	5	7	1	103.3	9.2	42.8	8.9	6.2	0.58	6.5	78.4
Água Doce	13/05/98	13/05/98	13	13	0	0	4	8	1	0	103.6	8.4	48.3	9.7	6.6	0.62	8.8	253.4
Águas de Chapecó	18/01/00	19/01/00	16	15	1	0	2	6	4	4	143.9	8.1	84.0	1.6	5.2	0.46	7.9	1294.2
Águas Frias	21/10/99	21/10/00	10	10	0	0	5	3	0	2	132.2	9.1	40.4	13.3	22.8	2.75	8.3	713.3
Alto Bela Vista	18/04/98	18/06/98	11	11	0	0	4	4	0	2	107.2	10.4	55.6	10.7	8.4	0.43	8.6	230.3
Anchieta	20/10/00	23/10/00	24	22	2	0	5	6	12	1	136.0	4.6	88.8	2.1	77.3	0.14	7.7	191.6
Arabutã	19/04/98	20/06/98	16	16	0	0	8	3	5	0	105.7	9.7	53.5	8.9	10.0	1.27	7.9	211.1
Arvoredo	17/08/98	19/08/98	6	4	2	0	5	0	1	0	127.8	4.3	24.0	2.8	27.8	0.10	6.9	178.4
Bandeirantes	17/11/00	17/11/00	7	7	0	0	1	1	4	1	133.4	8.0	36.5	0.3				
Barra Bonita	25/09/00	26/09/00	23	21	2	0	9	8	5	1	126.7	8.0	64.2	9.0	13.2	0.19	9.1	616.9
Belmonte	16/11/00	16/11/00	10	4	6	0	6	1	3	0	130.1		85.5	0.8	82.41	0.02	5.2	39.3
Bom Jesus	25/06/98	25/06/98	2	2	0	0	2	0	0	0	123.5	4.8	59.4	6.2	6.5	0.07		
Bom Jesus do Oeste	18/03/00	28/03/00	9	9	0	0	2	6	0	1	122.4	8.3	69.7	12.0	42.9	3.18	8.8	187.5
Caibi	23/03/00	28/08/00	24	24	0	0	8	9	6	0	105.8	6.8	44.5	8.1	11.0	0.68	7.8	654.2
Campo Erê	15/08/00	08/02/01	11	9	2	0	3	1	4	3	138.2	18.3	89.3	1.6	79.0	0.47	6.3	63.3
Campos Novos	16/07/96	08/09/00	38	32	6	0	19	8	6	0	107.0	11.7	54.5	9.7	13.8	0.35	7.4	154.3
Capinzal	06/04/98	29/07/98	58	58	0	0	37	12	4	5	106.2	11.2	53.4	9.5	7.0	0.62	7.6	162.1
Catanduvas	24/04/98	04/09/00	13	13	0	0	8	1	3	0	110.2	9.2	80.8	5.5	23.5	0.44	7.8	167.9
Caxambu do Sul	09/12/99	10/12/99	23	0	0	0	7	5	9	1	135.6	8.4	48.5	5.4	12.6	1.56	7.4	165.7
Chapecó	19/10/99	07/09/00	160	145	10	5	103	27	15	10	132.8	12.8	69.8	9.0	31.9	0.90	7.1	157.9
Concórdia	22/04/96	22/06/01	178	177	0	1	91	28	27	20	98.0	8.9	40.4	7.6	15.3	0.81	7.5	217.4
Cordilheira Alta	22/10/99	22/10/00	50	44	6	0	27	11	11	1	141.8	6.1	86.3	4.7	19.7	0.61	7.8	165.3
Coronel Freitas	22/06/99	20/10/99	82	82	0	0	44	24	11	1	115.8	7.6	62.6	11.7	29.5	6.39	8.0	273.9
Coronel Martins	20/03/00	07/09/00	9	8	1	0	4	0	2	2	124.0	5.3	68.9	7.9	6.9	0.74	6.5	104.0
Cunha Porã	13/07/00	04/09/00	17	17	0	0	3	1	9	2	135.2	5.7	66.0	1.5	23.6	0.01	7.0	167.0
Cunhataí	29/01/00	29/01/00	6	6	0	0	3	1	2	0	121.3	5.1	35.9	6.1	17.6	0.17	7.8	208.8
Descanso	22/11/00	24/11/00	26	26	0	0	5	8	10	3	123.9	4.9	59.8	4.2	39.7	0.47	9.2	277.4
Dionísio Cerqueira	28/11/00	29/11/00	16	16	0	0	7	6	1	2	117.7	4.8	77.4	11.3	58.5	1.14	7.6	216.0

**Tabela VI - Pontos d'água cadastrados por município (continua)**

T – poço tubular

U – utilizado

P – profundidade (m)

N.E. – nível estático (m)

pH – potencial hidrogeniônico

F – captação de fonte

NU- não utilizado

R – total de revestimento (m)

Q – vazão (m<sup>3</sup>/h)

C.E. – condutividade elétrica µS/cm

E – poço escavado

At - atulhado

E.A. – profundidade das entradas

Q/s – vazão específica (m<sup>3</sup>/h/m)

Ab – abandonado

d' água (m)

MUNICÍPIO	Período do Cadastro		nº total	tipo de ponto			situação do ponto				valores médios dos parâmetros							
	de	a		T	F	E	U	NU	At	Ab	P	R	E.A.	Q	N.E.	Q/s	pH	C.E.
Entre Rios	16/09/98	16/09/98	3	3	0	0	1	0	2	0	144.0	8.0	38.0	0.5	7.8			
Erval Velho	15/05/97	25/05/98	18	18	0	0	15	2	1	0	91.8	8.3	37.8	10.6	6.1	0.59	7.6	249.1
Faxinal dos Guedes	20/06/98	05/09/00	18	18	0	0	7	3	5	1	124.4	8.8	53.1	6.1	18.2	0.09	7.8	260.6
Flor do Sertão	19/07/00	21/07/00	12	12	0	0	5	3	4	0	113.1	7.9	30.1	9.4	13.2	1.46	9.0	461.4
Formosa do Sul	17/03/00	17/03/00	6	6	0	0	3	0	3	0	118.5	8.9	24.7	4.3	16.6	1.70	8.4	231.7
Galvão	18/11/99	19/11/99	16	16	0	0	9	5	1	0	121.8	7.3	49.7	5.2	19.4	0.23	9.0	306.0
Guaraciaba	18/09/00	22/09/00	79	78	1	0	42	13	12	11	113.6	6.9	52.2	9.2	40.6	2.77	7.7	205.7
Guarujá do Sul	20/11/00	21/11/00	23	22	1	0	8	7	4	4	129.9	8.5	66.7	8.1	52.6	0.65	7.5	158.6
Guatambu	02/12/99	06/12/99	20	20	0	0	11	3	5	1	127.6	18.1	77.0	11.4	14.4	0.79	6.5	113.9
Herval d'Oeste	22/04/98	29/07/98	32	32	0	0	16	3	12	1	110.7	5.3	49.8	5.1	18.8	0.34	7.7	329.0
Ibiam	25/05/98	25/05/98	7	7	0	0	7	0	0	0	108.7	8.0	43.7	9.3	7.2	0.83		
Ibicaré	23/05/98	26/06/98	19	19	0	0	10	2	8	0	91	7.9	39.8	3.5	8.9	0.38	7.5	222.4
Iomerê	25/06/98	25/06/98	6	6	0	0	3	0	3	0	94.8	17.5	23.0	3.8	5.0		7.3	185.0
Ipira	20/05/98	22/05/98	26	26	0	0	13	4	6	2	101.7	6.1	38.6	5.5	15.0	0.25	7.0	155.7
Iporã do Oeste	18/10/00	19/10/00	21	16	5	0	6	6	5	3	143.2	3.2	39.7	2.6	28.8	0.87	6.6	125.5
Ipuaçú	26/04/98	21/02/00	20	20	0	0	12	3	3	1	130.8	12.1	42.5	11.5	3.3	0.62	6.7	132.0
Ipumirim	20/07/98	05/09/00	46	46	0	0	20	7	15	3	102.7	8.7	50.5	7.3	9.7	11.07	7.6	175.4
Iraceminha	18/07/00	20/07/00	27	27	0	0	11	4	10	2	115.3	7.3	53.2	6.1	21.0	0.68	8.1	216.6
Irani	22/06/97	30/06/98	22	22	0	0	8	7	6	1	99.9	9.6	45.3	10.0	13.1	0.96	7.1	153.1
Irati	17/03/00	18/03/00	8	8	0	0	4	2	0	1	132.1	4.8	47.0	5.2	44.3	0.31	8.4	214.0
Itá	10/06/98	19/06/98	26	26	0	0	12	6	4	3	108.4	9.5	41.0	16.7	26.9	1.16	8.2	239.8
Itapiranga	20/01/00	23/10/00	9	7	2	0	5	2	1	1	163.3	3.5	89.3	6.1	28.8	0.02	7.7	223.3
Jaborá	27/04/98	19/05/98	33	32	1	0	17	7	9	0	95.4	12.2	46.2	7.9	18.7	0.92	8.0	241.6
Jardinópolis	20/03/00	20/03/00	7	7	0	0	3	1	1	2	113.6	3.5	51.1	6.6	29.0	0.70	8.9	254.8
Joaçaba	15/04/98	27/07/98	40	39	1	0	30	2	6	2	114.2	7.2	53.9	9.5	18.9	1.01	7.6	215.4
Jupia	19/11/99	21/03/00	11	1	10	0	10	1	0	0	41.3	6.0	67.0	1.8	88.4	0.40	6.1	72.3
Lacerdópolis	25/04/98	30/07/98	32	32	0	0	17	2	10	2	108.7	12.3	48.3	8.3	13.8	1.86	7.6	277.3
Lageado Grande	16/09/98	16/09/98	4	4	0	0	3	1	0	0	153.3	4.5	68.0	8.1	30.3	0.08	7.0	92.5

**Tabela VI - Pontos d'água cadastrados por município (continuação)**

T – poço tubular      U – utilizado      P – profundidade (m)      N.E. – nível estático (m)      pH – potencial hidrogeniônico  
 F – captação de fonte      NU- não utilizado      R – total de revestimento (m)      Q – vazão (m<sup>3</sup>/h)      C.E. – condutividade elétrica µS/cm  
 E – poço escavado      At - atulhado      E.A. – profundidade das entradas      Q/s – vazão específica (m<sup>3</sup>/h/m)

Ab – abandonado      d' água (m)

MUNICÍPIO	Período do Cadastro		nº total	tipo de ponto			situação do ponto				valores médios dos parâmetros							
	de	a		T	F	E	U	NU	At	Ab	P	R	E.A.	Q	N.E.	Q/s	pH	C.E.
Lindóia do Sul	22/06/98	17/07/98	30	29	1	0	12	3	12	2	103.8	8.7	46.4	8.0	10.0	0.72	8.1	198.1
Luzerna	23/04/98	07/09/00	14	14	0	0	7	0	6	0	128.5	12.2	60.2	6.6	22.2	2.02	7.3	483.0
Maravilha	13/07/00	18/07/00	48	47	1	0	16	17	13	1	130.4	6.3	65.7	4.8	49.5	3.09	8.4	186.5
Marema	17/09/96	17/09/98	17	17	0	0	10	5	2	0	94.8	6.6	50.4	11.1	14.7	2.21	8.2	180.0
Modelo	18/03/00	27/03/00	10	10	0	0	4	2	1	3	119.6	6.5	61.0	7.6	49.1	0.42		
Mondaí	29/08/00	20/09/00	44	44	0	0	19	2	16	7	114.2	9.4	48.7	6.3	15.6	0.63	7.6	567.5
Nova Erechim	20/01/00	07/09/00	21	21	0	0	8	2	9	1	116.9	9.1	34.0	7.2	14.0	1.30	7.6	172.1
Nova Itaberaba	20/01/00	28/01/00	64	64	0	0	41	4	15	4	121.3	7.3	60.4	7.3	13.0	1.59	7.6	243.5
Novo Horizonte	22/03/00	22/03/00	5	5	0	0	0	0	4	0	128.5							
Ouro	14/05/98	30/07/98	17	17	0	0	7	6	4	0	109.5	9.8	34.3	5.5	8.8	0.53	8.2	302.0
Ouro Verde	25/06/98	20/11/00	8	4	2	2	5	2	1	0	81.7	4.3		7.7	1.5	0.83	5.4	38.8
Paial	18/06/98	19/06/98	10	10	0	0	2	3	3	2	103.2	4.5	80	3.56	41	0.56		
Palma Sola	22/11/00	23/11/00	15	15	0	0	4	0	10	1	130.6	8.2	60.8	3.8	74.4	0.29	8.2	234.0
Palmitos	24/07/00	28/08/00	69	65	3	1	25	10	25	7	117.9	8.0	46.7	5.1	9.3	0.72	7.5	446.8
Paraíso	27/09/00	25/10/00	7	6	1	0	1	1	5	0	119.6			0.9			6.4	108.0
Passos Maia	18/06/98	21/06/99	18	14	3	1	8	6	2	2	92.3	11.0	72.3	7.0	9.2	0.45	6.2	105.3
Peritiba	18/04/98	18/06/98	19	19	0	0	12	3	2	2	90.9	8.6	56.0	10.1	8.9	0.61	7.8	237.2
Pinhalzinho	14/03/98	27/01/00	33	33	0	0	12	6	8	1	112.6	11.8	54.7	7.2	25.6	2.58	7.2	148.4
Pinheiro Preto	24/06/98	24/06/98	6	6	0	0	4	1	0	1	85.7	8.7	28.7	10.3	4.0	2.31	7.3	206.0
Piratuba	00/01/00	26/06/00	20	20	0	0	11	2	3	2	112.0	11.4	39.5	6.3	17.6	1.47		
Planalto Alegre	07/12/99	09/12/99	21	20	1	0	8	3	9	1	140.9	5.4	64.5	7.8	34.4	0.45	7.8	429.6
Ponte Serrada	17/06/98	27/07/00	18	17	1	0	9	4	3	1	110.2	5.8	68.7	6.7	19.5	0.25	7.2	118.4
Presidente Castelo Branco	18/05/98	20/05/98	15	14	1	0	5	1	7	1	102.1	5.4		2.9	4.7	0.26	7.3	162.8
Princesa	26/09/00	18/10/00	12	11	1	0	5	2	4	1	114.3	4.3	37.8	5.5	25.87	0.85	7.8	199.2
Quilombo	18/06/99	24/06/99	32	30	2	0	17	5	9	1	117.0	5.1	51.8	8.9	8.7	1.72	7.9	426.1
Riqueza	23/08/00	27/08/00	12	12	0	0	4	1	7	0	123.8	4.7	43.0	9.0	14.9	0.02	8.1	261.3
Romelândia	18/10/00	19/10/00	16	16	0	0	6	5	1	4	123.1	7.7	66.6	6.5	31.9	0.35	7.7	222.8
Saltinho	24/07/00	24/07/00	5	5	0	0	2	1	2	0	115.8	6.0	45.8	10.6	17.0	0.13	7.5	196.7

**Tabela VI - Pontos d'água cadastrados por município (continuação)**

T – poço tubular      U – utilizado      P – profundidade (m)      N.E. – nível estático (m)      pH – potencial hidrogeniônico  
F – captação de fonte      NU- não utilizado      R – total de revestimento (m)      Q – vazão (m<sup>3</sup>/h)      C.E. – condutividade elétrica µS/cm  
E – poço escavado      At - atulhado      E.A. – profundidade das entradas      Q/s – vazão específica (m<sup>3</sup>/h/m)  
Ab – abandonado      d' água (m)

MUNICÍPIO	Período do Cadastro		nº total	tipo de ponto			situação do ponto				valores médios dos parâmetros							
	de	a		T	F	E	U	NU	At	Ab	P	R	E.A.	Q	N.E.	Q/s	pH	C.E.
Santa Helena	27/10/00	30/10/00	13	10	3	0	5	2	5	1	165.3	4.2	111.4	2.3	57.7	0.03	6.8	140.5
Sta.Terezinha do Progresso	30/03/00	30/03/00	8	8	0	0	2	0	4	2	138.5	4.8	70.4	4.5	31.5	0.15		
Santiago do Sul	21/03/00	22/03/00	13	13	0	0	6	0	3	4	135.5	7.8	82.7	9.2	73.2	0.75	8.1	254.5
São Bernardino	17/08/00	17/08/00	6	4	2	0	2	0	2	2	123.5	6.3	75.0	0.2			6.4	83.5
São Carlos	18/01/00	18/10/00	31	31	0	0	7	5	13	4	141.8	6.4	80.6	2.3	29.1	0.45	8.5	809.3
São Domingos	17/11/99	18/11/99	12	12	0	0	7	2	1	2	114.3	7.6	56.7	8.6	5.6	1.95	6.2	113.2
São João do Oeste	21/09/00	22/09/00	14	14	0	0	4	4	4	2	240.1	8.6	66.5	3.9	53.1	0.07	7.7	1301.6
São José do Cedro	24/10/00	17/11/00	68	66	2	0	46	6	11	3	118.0	7.4	66.8	6.9	40.0	2.65	7.7	207.4
São Lourenço d'Oeste	23/03/00	28/03/00	25	25	0	0	12	2	9	2	136.0	9.8	73.3	6.5	70.0	1.13	8.3	184.1
São Miguel da Boa Vista	18/08/00	18/08/00	15	15	0	0	5	7	3	0	130.9	5.0	90.3	4.5	57.7	0.32	9.7	329.1
São Miguel d'Oeste	27/09/00	12/12/00	124	124	0	0	60	16	37	10	127.6	10.5	53.5	7.7	45.8	1.37	7.9	210.5
Saudades	27/01/00	28/01/00	23	23	0	0	12	2	6	3	127.9	9.2	56.8	10.6	10.3	1.35	7.7	392.8
Seara	16/06/98	07/09/00	85	84	0	1	42	16	16	6	104.5	6.8	52.9	9.0	20.2	1.59	7.9	238.0
Serra Alta	22/03/00	29/08/00	17	17	0	0	11	1	2	1	115.3	9.5	56.6	7.1	43.2	1.56	8.7	199.9
Sul Brasil	21/03/00	21/03/00	7	7	0	0	4	0	0	3	141.3	8.1	63.5	5.4	35.4	0.68	9.3	262.8
Tangará	25/05/98	04/09/00	10	10	0	0	7	1	1	0	100.6	7.1	82.4	8.3	20.3	0.53	7.5	256.5
Tigrinhos	29/03/00	29/03/00	16	16	0	0	4	0	9	3	133.1	4.8	62.3	2.7	68.7	0.09		
Treze Tílias	23/03/98	25/05/98	17	17	0	0	11	3	2	1	142.8	14.0	24.7	16.2	18.5	0.78	7.5	344.5
Tunápolis	26/10/00	27/10/00	19	19	0	0	9	5	2	3	140.2	5.9	87.0	4.6	64.0	0.29	8.2	280.4
União do Oeste	17/03/00	17/03/00	14	14	0	0	5	5	2	0	123.9	6.3	62.6	5.7	22.3	0.27	7.7	1489.4
Vargeão	19/08/96	19/06/98	7	7	0	0	4	0	3	0	109.3	5.5	73.0	13.9	13.3	1.43	7.1	119.0
Vargem Bonita	23/05/98	17/06/98	13	13	0	0	8	0	3	2	133.1	10.4	52.6	10.3	35.9	0.19	7.6	236.5
Xanxerê	21/09/98	04/09/00	74	65	9	0	45	9	14	3	123.5	12.9	51.4	8.0	20.1	2.29	6.5	92.2
Xavantina	15/08/93	18/08/98	60	60	0	0	18	14	23	5	107.0	7.5	54.9	8.3	21.6	10.06	7.8	211.5
Xaxim	21/09/96	27/08/00	40	40	0	0	13	5	15	4	113.9	8.8	47.8	8.3	17.7	1.04	7.3	171.6
Zortéa	19/04/97	27/07/98	8	8	0	0	4	3	1	0	111.7	14.1	106.0	10.4	3.5	0.16	6.8	121.7

**Tabela VI - Pontos d'água cadastrados por município (continuação)**

T – poço tubular      U – utilizado      P – profundidade (m)      N.E. – nível estático (m)      pH – potencial hidrogeniônico  
 F – captação de fonte      NU- não utilizado      R – total de revestimento (m)      Q – vazão (m<sup>3</sup>/h)      C.E. – condutividade elétrica µS/cm  
 E – poço escavado      At - atulhado      E.A. – profundidade das entradas      Q/s – vazão específica (m<sup>3</sup>/h/m)

Ab – abandonado      d' água (m)



Nº do ponto	Temp. (°C)	pH	Cond. Elétrica (uS/cm)	Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	STD (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	F <sup>-</sup> (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	N-NH <sub>3</sub> (mg/l)
1	20.4	7.1	252	122	173	41	12.32	0.61	24.05	14.83	6	18.4	138.92	0.08	0.21	0.1	0.45	0	0.02	0
14	20.3	6.7	78	28	75	25	10.91	1.21	8.81	1.46	2	18.43	51.22	0.01	0.08	0.03	0.01	0	0.02	0
42	18.8	9.1	148	34	0	23	37.57	0.2	6.41	4.37	4	13.47	75.23	5.00	0.13	0	0	0	0.34	0
48	18.3	7.2	235	82	0	39	19.8	0.81	23.25	5.83	4	19.85	114.49	0.09	0.08	0	0	0	0.1	0
52	20	6.6	96	46	0	25	11.11	1.21	8.02	6.31	4	19.14	39.03	0.01	0.03	0	0	0	0.95	0
77	21.3	8.5	221	38	0	38	50.9	0.81	7.22	4.86	11	15.8	101.70	1.59	0.49	0	0	0	0.02	0
78	20.3	8.1	377	72	0	33	66.26	0.61	18.43	6.32	18	17.02	146.85	0.98	0.47	0.19	0	0	0.02	0
93	21.1	7.9	334	116	0	32	35.96	1.01	33.67	7.77	18	16.31	152.42	0.64	0.34	0	0	0	0.12	0
102	18.8	6.6	178	84	151	20	7.88	1.21	20.04	8.26	1	21.27	70.73	0.01	0	0	0.12	0	0.02	0
108	18	6.2	69	36	60	17	6.06	1.41	6.41	4.87	1	13.47	43.91	0.00	0.13	0	0.02	0	0.02	0
143	20.4	7.7	223	96	175	48	28.28	1.01	20.84	10.69	2	24.11	133.57	0.31	0.22	0	0	0	0	0
151	19.7	8.0	170	86	120	32	13.94	0.81	19.24	9.23	2	17.02	103.99	0.46	0.31	0	0.11	0.01	0	0
195	18.7	8.0	134	62	90	23	7.27	1.01	16.83	4.87	10	19.85	74.87	0.38	0.14	0	0	0	0.22	0
233	21.5	6.8	142	54	126	53	12.73	2.02	17.64	2.42	0	29.78	102.42	0.03	0.09	0	0	0	0.07	0
272	32	9.5	465	6	306	19	56.56	1.21	2.4	0	27	28.36	150.30	20.88	1	0	0	0	0.01	0
330	20.6	7.2	214	64	142	31	27.07	1.21	16.83	5.35	0	24.82	121.79	0.10	0.31	0	0	0.09	0.06	0
340	21.6	6.8	151	86	128	37	10.71	1.01	18.44	9.72	1	19.14	75.59	0.02	0.13	0	0	0	0	0
351	22	7.0	257	60	180	45	36.97	0.2	16.83	4.37	14	26.94	124.32	0.06	1.47	0	0	0	0	0
357	21.5	7.0	131	78	103	32	10.3	0.81	15.23	9.72	2	18.43	75.57	0.03	0.02	0	0	0	0.05	0
388	21.6	7.8	223	84	168	44	39.39	0.81	15.23	11.18	2	17.73	126.10	0.38	0.33	0	0	0	0	0
395	20.1	6.7	83	68	80	28	8.08	1.21	9.62	10.69	5	15.6	58.53	0.01	0.06	0.71	0	0.01	0.02	0
439	20.9	8.9	246	42	178	36	52.52	0.2	7.21	5.83	1	19.14	126.78	4.85	0.39	0	0	0	0.34	0
441	19.9	7.0	198	102	160	50	12.73	0.81	22.44	11.18	0	22	107.25	0.05	0.08	0	0	0	0.01	0
451	20.4	7.1	249	94	194	43	28.28	0.4	29.66	4.86	6	24.82	102.36	0.06	0.58	0	0	0	0.16	0
464	19	5.6	85	42	64	29	4.44	1.82	8.02	5.35	0	19.14	65.88	0.00	0.05	0	0	0	0.95	0
465	19.2	6.2	114	50	79	31	7.47	1.41	14.42	3.41	0	22.69	82.95	0.01	0.11	0	0	0	0.16	0
473	21.1	6.6	176	76	154	56	11.11	0.2	19.24	6.8	0	24.11	104.88	0.02	0.21	0	0	0	0.12	0
510	21.2	7.7	291	144	202	35	18.58	1.01	19.8	17.5	8	21.27	167.56	0.40	0.21	0	0	0	0	0
520	20.7	5.4	94	40	71	26	6.06	3.43	9.62	3.88	0	22.69	51.24	0.00	0.09	0	0	0	0.05	0
521	20.6	6.9	114	48	103	30	9.29	1.01	12.83	3.89	0	25.5	60.95	0.02	0.12	0	0	0	0.72	0
531	20.4	5.4	23	12	41	11	3.84	1.62	2.4	1.46	0	17.73	19.52	0.00	0.06	0	0	0	0.44	0
546	21	7.4	147	78	109	36	12.32	0.61	15.24	9.71	0	19.14	82.77	0.09	0.14	0	0	0	0.13	0

Tabela VII - Análises físico-químicas (continua)

Nº do ponto	Temp. (°C)	Ph	Cond. Elétrica (Us/cm)	Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	STD (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	F <sup>-</sup> (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	N-NH <sub>3</sub> (mg/l)
549	19.3	6.4	161	72	102	34	8.48	0.61	22.44	3.89	1	19.85	90.26	0.01	0.09	0	0	0	0.15	0
583	20	6.1	41	20	47	15	4.85	2.42	3.21	2.92	3	18.4	31.72	0.00	0	5.65	0	0.02	0.52	0
584	21.5	5.3	12	6	14	0	3.43	0.81	0.8	0.97	1	19.9	14.64	0.00	0	0	0	0	0.19	0
587	20.7	7.4	185	86	124	24	13.13	1.62	31.26	1.94	4	17.7	104.67	0.12	0.18	3.19	5.69	0.03	0.21	0
590	20	7.6	185	66	141	47	23.03	0.61	17.64	5.35	6	14.2	102.07	0.20	1.12	0	0	0	0.01	0
592	20.4	7.2	91	34	81	29	9.49	1.41	10.42	1.94	1	22	43.85	0.03	0.16	0	0	0	0.46	0
614	21.5	6.8	184	94	154	49	9.49	1.01	17.64	12.15	9	19.85	82.91	0.03	0	5.66	0	0.05	0.07	0
629	22.1	9.3	250	38	191	47	75.14	0.2	2.4	7.78	4	19.14	116.34	11.18	1.23	0	0	0	0	0
634	21.6	7.2	185	98	149	54	10.5	1.01	19.24	12.15	0	20.56	97.44	0.08	0.09	0	0	0	0	0
635	28.4	9.0	1044	14	628	7	262.6	1.21	4.81	0.49	94	105.6	190.03	8.54	0.94	0	0	0	0	0
641	21.2	6.9	158	76	140	49	9.49	1.01	16.83	8.26	0	21.3	87.78	0.03	0.18	0	0	0	0.02	0
667	22.3	9.7	310	8	193	27	76.76	0	1.6	4.37	17	26.94	97.45	24.08	0.58	0	0.01	0	0	0
678	21.5	7.1	195	98	158	53	15.76	1.62	21.64	10.69	0	19.9	109.67	0.06	0.17	0	0	0.01	0.01	0
697	21	6.7	221	90	157	38	14.95	0.61	21.64	10.94	0	25.52	129.26	0.03	0.19	0	0	0	0.05	0
709	22	6.9	192	96	150	46	15.96	0.61	16.03	13.61	0	23.4	119.46	0.05	0.17	0	0	0	0.18	0
785	19.2	6.6	72	34	62	23	6.67	1.01	7.22	3.88	3	16.31	46.34	0.01	0.16	0.16	0.02	0	0.02	0
797	21.8	7.7	238	90	174	52	17.17	0.61	28.06	4.86	6	28.36	131.07	0.34	0.4	0.36	0	0	0	0
802	19.5	10.1	218	16	140	24	62.22	0.81	1.61	2.9	2	14.89	53.32	30.18	0.84	0.11	0.13	0	0.02	0
853	21.9	6.7	319	148	214	44	15.76	1.41	35.27	14.58	0	29.78	129.25	0.04	0.17	0	0	0.01	0.02	0
893	20.1	9.5	447	22	287	31	115.14	0.4	1.6	4.37	22	51	123.03	17.49	1.86	0	0	0	0	0
950	21.4	7.2	224	120	173	49	12.12	0.61	28.86	11.66	0	23.4	124.25	0.09	0.16	0	0	0	0	0
952	20.7	8.8	203	26	147	31	50.9	0.2	4.81	3.4	0	18.43	114.74	3.57	0.17	0	0	0	0.59	0
960	20.5	7.4	267	124	189	51	20	0.61	28.86	12.64	6	21.98	143.63	0.16	0.38	0	0	0.01	0.01	0
971	21.4	6.0	83	34	83	38	7.27	2.83	7.22	3.88	0	25.52	43.92	0.00	0.14	0.71	0	0	0.74	0
984	21.1	6.5	73	36	68	20	5.45	1.21	7.21	4.37	3	21.98	43.91	0.01	0.11	0	0	0	0.16	0
988	22.2	6.4	80	44	82	35	7.47	3.03	8.02	5.83	1	23.4	43.91	0.01	0	0.7	0	0.01	0.17	0
996	19.5	7.2	114	50	80	29	9.49	0.61	12.82	4.38	0	20.56	68.22	0.05	0.15	0	0	0	0.06	0
1003	20.5	8.4	183	24	142	48	43.63	1.21	5.61	2.43	1	19.85	104.90	1.21	0.48	0	0	0	0.01	0
1004	21.6	8.0	217	78	173	49	37.57	0.61	21.64	5.83	0	24.11	116.08	0.51	0.17	0	0	0	0.02	0
1013	21.9	8.0	131	48	114	36	16.77	0.61	13.63	3.4	0	23.4	70.12	0.32	0.37	0	0	0.02	0.09	0
1020	21.2	6.9	207	98	160	44	12.32	2.02	28.06	6.8	0	25.52	102.39	0.04	0.12	0	0	0	0.04	0
1032	22.4	6.5	70	40	75	35	6.67	3.23	7.21	5.35	1	24.82	46.34	0.01	0.16	0.31	0	0.01	0.03	0

Tabela VII - Análises físico-químicas (continuação)

Nº do ponto	Temp. (°C)	pH	Cond. Elétrica (uS/cm)	Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	STD (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	F <sup>-</sup> (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	N-NH <sub>3</sub> (mg/l)
1066	20.1	6.8	125	32	101	26	19.59	1.21	13.63	0	1	23.4	70.72	0.02	0.1	0	0	0	0.69	0
1098	20.1	6.6	61	32	57	13	4.24	0.81	5.61	4.37	1	17.73	34.15	0.01	0.04	0.19	0	0.01	0.43	0
1115	20.6	6.6	110	34	93	24	16.97	1.62	9.62	2.43	0	19.14	63.41	0.01	0.11	0	0	0	0.47	0
1148	21.3	7.6	251	98	181	55	19.8	0.4	24.05	9.23	2	24.82	143.41	0.27	0.17	0	0	0	0.01	0
1159	22.1	8.4	516	64	326	49	87.87	0.81	14.43	6.8	22	104.22	109.54	1.33	1.3	0	0	0	0.01	0
1165	21.2	8.3	311	110	218	48	27.07	0.61	28.06	9.72	14	34.74	136.64	1.20	1.08	0	0	0.09	0.1	0
1195	21.7	9.1	217	46	158	44	47.27	1.41	7.21	6.8	1	20.56	114.83	7.13	0.21	0	0	0	0.35	0
1198	21.6	8.6	575	106	322	38	70.7	0.61	38.48	2.43	15	102.1	124.02	2.61	0.6	0	0	0	0	0
1202	21.9	8.0	470	58	302	28	85.85	0.81	16.83	3.89	50	63.1	103.85	0.52	1.33	0.37	0	0	0.21	0
1205	21.5	9.3	567	24	364	37	121.2	0.4	5.61	2.43	57	83.66	64.56	6.65	1.77	0	0	0	0	0
1248	35.7	8.8	686	26	394	16	155.54	1.01	3.21	4.37	44	110.6	130.06	4.44	1.24	0	0	0	0	0
1251	24.6	9.1	961	24	547	21	202	1.82	4.81	2.92	67	151.02	135.67	7.68	1.16	0	0	0	0	0.13
1258	19.3	7.9	146	50	107	45	16.56	0.81	16.03	2.43	1	21.98	84.76	0.32	0.14	0	0	0	0.01	0
1260	21.3	6.0	43	14	37	36	14.14	1.62	2.4	1.94	1	21.27	41.48	0.00	0.15	0	0	0	0.02	0
1262	22	10.1	285	10	168	26	73.73	0.61	1.6	1.46	0	24.11	76.35	45.25	0.39	0	0	0	0	0
1271	36.5	7.4	605	88	376	26	98.6	1.21	17.37	10.7	82	70.19	321.34	0.36	0.39	0.44	0	0	0	0
1280	20.4	6.5	69	42	298	30	11.31	1.82	12.02	2.92	1	22.69	58.54	0.01	0.07	0	0	0	0	0
1400	21.4	5.2	12	14	26	0	3.23	0.61	1.6	2.43	2	18.43	14.64	0.00	0	0	0	0	0	0
1409	21	7.3	122	50	97	32	13.53	1.41	14.43	3.4	1	22.7	68.18	0.07	0.18	0	0	0	0.8	0
1457	19.5	7.4	148	72	114	40	7.07	0.81	19.24	5.83	0	20.56	92.49	0.11	0.27	0	0	0	0.04	0
1473	20.3	6.6	120	62	100	41	8.28	1.62	13.63	6.8	0	14.89	68.29	0.01	0	0	0	0.09	0	0
1475	20.1	7.0	133	68	105	33	10.3	2.83	14.43	7.78	0	14.89	68.25	0.04	0	0	0	0.06	0	0
1497	20.5	9.9	333	32	212	55	78.78	0.81	5.61	4.37	0	15.6	86.49	35.46	1.84	0	0	0.01	0	0
1534	21.4	10.2	2090	568	1723	11	311.08	0.4	226.85	0.49	622	16.31	17.45	13.02	1.9	0	0	0	0	0
1554	20.9	7.9	165	60	135	44	16.36	1.01	17.64	3.89	0	14.18	96.86	0.36	0.21	0	0	0	0.01	0
1569	20.7	5.9	94	46	101	17	2.63	1.21	11.22	4.37	0	8.51	26.84	0.00	0.1	0	0	0	0.17	0
1581	22.2	7.2	693	250	191	32	47.47	0.61	82.56	10.69	24	117.69	204.60	0.18	0.33	0	0.38	0.03	0.01	0
1605	21.1	7.1	127	58	116	50	12.12	1.41	13.63	5.83	0	19.14	68.23	0.04	0.15	0	0	0.14	0	0
1635	34.7	8.8	1115	28	644	11	258.56	0.81	6.41	2.92	74	150.31	174.17	5.54	1.42	0	0	0	0.01	0
1660	21.8	9.0	240	36	201	37	46.06	0.61	11.22	1.94	9	23.4	92.75	4.79	0.99	0	0	0	0.04	0
1703	21	7.3	178	86	143	49	10.71	1.01	19.24	9.23	5	16.31	102.26	0.11	0.06	3.16	0.29	0.05	0.01	0
1708	20.5	7.8	167	64	123	37	16.97	0.4	20.04	3.4	0	16.31	84.92	0.24	0.02	0	0	0.31	0	0

Tabela VII - Análises físico-químicas (continuação)

Nº do ponto	Temp. (°C)	Ph	Cond. Elétrica (Us/cm)	Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	STD (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	F <sup>-</sup> (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	N-NH <sub>3</sub> (mg/l)
1731	20.5	7.7	212	110	153	42	8.89	0.81	27.25	10.21	0	14.89	111.69	0.27	0	0	0	0.19	0	0
1745	20.7	8.1	188	82	145	47	15.96	0.4	21.64	6.8	1	14.89	103.55	0.67	0.16	0	0	0	0.01	0
1764	20.5	9.4	247	46	157	32	63.63	0.81	6.41	7.29	4	17.02	113.05	14.00	0.23	5.57	0.56	0.07	0.02	0.04
1774	20.6	9.2	244	40	155	17	60.6	0	4.81	6.8	1	14.89	109.49	8.55	0.15	0	0	0.55	0	0
1776	21.9	8.6	5450	1380	4519	35	597.92	3.43	561.12	4.86	170	1885.94	23.52	0.43	1.84	0	0	0	0	0
1776	21.9	8.6	5450	1380	4519	35	597.92	3.43	561.12	4.86	170	1885.94	23.52	0.43	1.84	0	0	0	0	0
1784	20.4	8.9	133	48	73	2	25.88	0.61	8.02	6.8	2	14.89	72.79	2.60	0.11	0	0	0.15	0	1.91
1795	22.5	8.3	267	100	168	35	35.75	0.81	20.84	11.66	1	19.14	138.75	1.36	0.13	0	0.14	0.01	0.01	0
1802	20.1	6.9	133	72	108	28	7.47	0.81	13.63	9.23	0	19.14	60.96	0.02	0	0	0	0.02	0	0
1805	20.3	6.9	186	120	143	54	8.08	0.81	19.24	17.5	5	16.31	104.84	0.04	0.11	1.95	0.45	0	0	1.15
1809	20.7	8.4	173	54	133	43	31.51	0.4	13.63	4.83	0	18.43	97.79	1.10	0.16	0	0	0.06	0.01	0
1811	20.6	9.4	268	22	173	28	77.77	1.01	3.21	3.4	0	15.6	115.09	13.00	0.22	0	0	1.32	0	0
1837	20.6	7.7	207	86	148	48	14.14	0.81	24.85	5.83	0	14.89	109.23	0.28	0.12	0	0	0.12	0.01	0
1852	20.2	8.3	2610	100	1599	27	662.56	4.04	31.26	5.35	360	2204.99	152.96	1.58	1.29	0	0	0	0	0
1872	19.8	8.2	153	54	94	24	19.59	0.2	13.63	4.86	2	12.05	79.20	0.65	0.17	0	0	0.3	0	0
1875	19.3	7.9	139	78	108	31	13.94	0.4	15.23	9.72	1	16.31	84.66	0.36	0.07	0	0	0.09	0	0
1881	21	9.4	250	46	141	22	57.37	0.2	4.01	8.75	0	17.02	101.36	12.55	0.22	0	0	1.3	0	0
1928	23.8	8.9	186	28	187	37	67.87	0.4	6.41	2.92	8	16.31	128.38	5.26	0.53	0	0	0	0	0
1942	21.6	6.8	127	60	117	42	5.45	1.01	13.63	6.32	0	9.22	70.72	0.02	0.15	0	0	0	0.02	0
1948	20.2	6.7	176	90	160	37	5.66	0.81	20.84	9.23	0	13.47	87.79	0.02	0.07	0	0	0	0	0
1967	21.1	7.3	319	146	297	44	5.45	0.2	42.48	9.72	0	14.18	141.26	0.13	0.12	0.07	0	0	0.02	0
1976	20.5	7.7	200	92	190	51	7.07	0.61	23.25	8.26	1	8.51	111.64	0.30	0.14	0	0	0	0	0
1985	21.5	9.9	190	10	154	16	50.9	0.2	4.81	0	0	9.22	60.99	22.81	0.29	0	0	0	0.97	0
1994	21.7	8.8	232	58	188	38	33.53	0.4	15.23	4.86	1	9.93	123.40	4.11	0.12	0	0	0	0.04	0
2001	20.6	8.9	169	22	120	11	42.42	0	4.81	2.43	0	10.64	88.14	3.45	0.19	0	0	0	0.67	0
2008	20.5	7.4	172	80	151	47	4.85	0.61	23.25	5.35	1	10.64	92.49	0.11	0.07	0	0	0	0.02	0
2019	21.6	9.6	238	10	258	53	94.94	0.4	4.01	0.49	15	15.6	97.67	19.17	1.77	0	0	0	0	0
2027	23.8	9.5	763	20	486	32	165.64	1.01	9.62	0	48	91.46	55.58	8.66	1.67	1.3	0	0	0	0
2039	20.6	7.5	201	92	179	51	8.89	1.41	23.25	8.26	1	11.34	111.90	0.17	0.14	0	0	0	0	0
2045	21.7	9.9	332	24	204	18	92.92	0	4.01	3.4	8	9.93	104.19	36.36	1.02	0	0	0	0.7	0
2091	19.6	7.9	529	126	344	51	88.88	0.81	30.46	12.15	45	39	154.90	0.62	0.58	0	0.02	0	0	0.18
2093	31.8	8.3	2970	102	1942	12	727.2	4.24	24.05	10.21	444	304.87	143.72	1.32	1.28	0	0	0	0	0

Tabela VII - Análises físico-químicas (continuação)

Nº do ponto	Temp. (°C)	pH	Cond. Elétrica (uS/cm)	Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	STD (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	F <sup>-</sup> (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	N-NH <sub>3</sub> (mg/l)
2107	36.9	8.5	1773	26	1063	11	395.92	1.82	8.02	1.46	136	262.33	179.61	2.87	1.32	0	0	0	0	0
2112	20.3	6.9	318	138	235	43	15.15	1.62	39.28	9.72	1	22.69	107.28	0.04	0.1	0	0	0	0.04	0
2125	19.9	5.8	18	12	40	0	1.21	0.4	4.81	0	0	11.34	19.52	0.00	0	0.05	0	0	0.34	0
2136	21.8	10.1	322	8	220	28	80.8	0.2	4.81	0	9	13.47	65.80	40.84	1.33	0	0	0	0	0
2151	27.7	8.9	882	24	527	13	222.2	1.01	5.61	2.43	91	106.35	122.84	4.39	1.36	0	0	0	0	0
2162	20.6	5.9	115	74	83	14	9.09	1.21	14.43	9.23	2	19.85	46.36	0.00	0	0	0	0	0.82	0
2189	20.6	8.1	1415	366	1023	29	189.88	0.2	141.08	3.4	232	212.7	48.24	0.27	1.55	0	0	0	0.02	0
2199	21.6	10.1	2990	740	2048	11	379.76	1.01	294.19	1.46	352	957.15	19.05	11.03	1.71	0	0	0	0	0
2209	20.3	7.8	1891	720	1554	52	189.88	0.4	254.91	20.41	376	155.98	65.50	0.19	1.01	0	0	0	0	0
2220	20.6	7.3	196	102	180	56	10.3	0.81	20.84	12.15	2	12.76	109.57	0.11	0.08	0	0.07	0	0	0
2271	20.5	8.2	265	120	199	59	8.28	0.4	36.07	7.29	1	13.47	139.10	1.19	0.16	0	0	0	0	0
2288	19.6	10.0	152	14	105	27	68.68	0	3.21	1.46	0	10.64	38.36	20.73	0.44	0	0	0	0.08	0
2297	19.3	7.7	260	112	192	56	8.89	0.61	30.46	8.75	1	15.6	136.03	0.30	0.16	0	0	0	0	0
2320	49.5	7.7	5370	748	3834	19	1115.04	12.12	252.5	28.67	1180	1293.93	72.87	0.16	1.22	0	0.05	0	0	2.23
2327	19.9	7.2	203	108	145	51	8.28	0.2	28.86	8.75	2	12.76	99.90	0.07	0.06	0	0	0	0.02	0
2333	22.1	8.2	479	112	492	32	133.32	0	32.87	7.29	88	90.04	64.75	0.55	1.2	0	0	0	0	0
2343	22	9.3	1175	26	742	33	270.68	0.4	8.02	1.46	210	102.81	60.28	6.35	1.19	0	0	0	0	0
2344	22.7	9.3	859	20	537	34	214.12	0.81	6.41	0.97	170	92.17	69.40	6.67	1.14	0	0	0	0	0
2345	22	9.6	843	20	516	30	193.92	0.2	4.81	1.94	180	88.63	52.66	10.10	1.02	0	0	0	0	0
2348	21.7	10.0	641	16	283	33	226.24	0.81	3.21	1.94	120	92.17	43.82	19.25	1.39	0	0	0	0	0
2350	23.3	9.2	578	24	363	30	131.3	0.4	7.21	1.46	580	70.9	98.04	6.99	0.84	0	0	0	0	0
2386	21.6	7.5	119	92	167	52	11.51	0	24.05	7.78	4	12.05	114.29	0.19	0.18	0	0	0	0	0
2396	22.3	7.8	197	74	147	50	17.37	0	19.24	6.32	7	11.34	111.60	0.32	0.17	0.44	0.08	0	0	0
2398	22.1	7.8	226	80	169	55	26.66	0.61	20.84	6.8	5	8.51	128.47	0.42	0.26	0	0	0	0	0
2416	22.9	8.4	232	46	198	45	53.33	0	13.63	2.92	15	10.64	140.65	1.63	0.68	0	0	0	0.14	0
2479	20	7.6	282	138	212	61	9.9	0.4	35.27	12.15	5	17.2	150.73	0.27	0.12	0	0	0	0	0
2491	19.9	7.5	213	104	162	53	8.28	1.82	28.06	8.26	5	13.47	119.22	0.17	0.09	0.03	0.07	0.01	0.01	0
2496	21.1	8.1	174	76	134	40	13.53	0.4	21.64	5.35	6	10.64	103.64	0.63	0.14	0	0	0	0.02	0
2556	22.8	9.8	252	14	196	51	60.6	0.2	4.81	0.49	4	10.64	79.22	24.64	1.72	0	0	0	0	0
2563	20.2	6.5	107	58	103	39	5.25	0.4	15.23	4.86	6	9.93	63.42	0.01	0.09	0	0	0	0.45	0
2564	19.1	7.6	84	32	85	27	10.3	0	12.02	0.49	5	19.14	51.05	0.10	0.17	0	0	0	0.32	0
2567	20.7	7.0	200	92	165	39	10.3	0	27.25	5.83	1	10.64	114.58	0.05	0.14	0	0	0	0.14	0

Tabela VII - Análises físico-químicas (continuação)

Nº do ponto	Temp. (°C)	pH	Cond. Elétrica (uS/cm)	Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	STD (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	F <sup>-</sup> (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	N-NH <sub>3</sub> (mg/l)
2592	24	8.3	198	52	166	35	30.3	0	17.64	1.94	0	11.34	109.99	1.11	0.19	0	0	0	0.54	0
2597	22.9	7.3	288	142	223	53	7.27	0.61	37.68	11.67	7	18.43	168.02	0.17	0	1.45	0.44	0.01	0	0.77
2602	22.9	8.9	216	64	178	35	35.96	0.2	16.03	5.83	0	13.47	125.67	5.40	0.19	0	0	0	0.18	0
2604	20.4	8.8	293	70	217	36	40.4	0.2	20.04	4.86	0	24.82	131.16	3.90	0.12	0	0	0	0.12	0
2617	21.8	9.3	271	30	198	19	51.51	1.01	4.81	4.38	0	12.05	134.08	14.46	0.5	0	0	0	0.43	0
2620	22.9	9.3	298	38	217	33	46.66	1.01	8.82	3.89	20	19.14	111.83	11.00	1.35	0	0	0	0.23	0.15
2629	20	7.0	216	102	180	39	7.07	1.21	30.46	6.32	1	17.02	95.07	0.05	0.11	0	0	0	0.1	0
2632	20.1	8.5	99	30	84	15	13.74	0	9.62	1.46	0	11.34	61.31	1.05	0	0.72	0	0	0.75	0
2645	20	6.4	188	86	134	43	6.46	1.82	20.04	8.75	1	20.56	92.70	0.01	0.1	0	0	0	0	0
2666	20.3	7.7	223	112	164	50	8.28	0.2	40.08	2.92	0	16.31	145.60	0.39	0.25	0	0	0	0.02	0
2674	20.7	9.7	110	8	64	16	24.24	1.01	2.4	0.49	0	14.18	43.17	11.17	0.46	0	0	0	0.15	0
2679	20.8	8.8	141	34	114	29	18.38	0	10.42	1.94	1	16.31	70.94	2.31	0	0	0	0	0.6	0
2680	20.4	9.5	143	4	84	10	33.94	0	0.8	0.49	1	9.22	64.85	10.11	0.2	0	0	0	0.32	0
2687	22.4	7.7	970	164	624	42	74.34	0.4	84.97	0	50	107.77	89.82	0.23	1.44	0	0	0.01	0.01	0
2695	20.7	6.6	238	116	176	47	6.46	2.02	25.65	12.64	1	16.31	100.00	0.02	0.32	0	0	0	0.04	0
2704	21	9.2	224	46	149	28	35.96	0.4	13.63	2.92	0	17.02	88.71	6.77	0.31	0	0	0.01	0.41	0
2706	21.5	9.6	187	6	124	21	37.98	0.2	0.8	0.97	0	10.64	63.24	13.30	0.55	0	0	0	1.1	0
2717	20.7	7.2	158	62	116	37	15.55	0.61	15.23	5.83	1	10.64	102.30	0.09	0.26	0	0	0	0.08	0
2746		8.4			640	26.2	199	2.9	6.4	0.6	230	43.2	152.32	1.89	0	0.3	0	0	0	0
2794	19.1	6.6	198	86	158	46	10.91	0	24.05	6.32	0	24.11	104.88	0.02	0.07	0	0	0	0.02	0
2798	20.7	6.2	308	116	237	40	13.53	0.81	41.69	2.91	2	58.14	104.90	0.01	0.14	0	0	0	0.03	0
2804	21.1	6.0	332	150	228	43	11.92	1.01	32.86	16.52	6	38.29	153.70	0.01	0	0	0.08	0.01	0	0
2841		8.6	700	5.3	404	18.6	134	4.2	1.8	0.2	71	44	201.79	3.96	0.5	0.21	0	0	0.32	0
2842	38	8.5	1350	7.1	892.77	15.4	350	1.52	2.2	0.36	86.68	166.74	481.90	30.00	0.15	0.12	0	0	0	0

Tabela VII - Análises físico-químicas (continuação)