

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS**

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS EM  
SANTA MARIA – RS**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**Eliane Forgiarini Fachin**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**

# **AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS EM SANTA MARIA – RS**

por

**Eliane Forgiarini Fachin**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia e Geociências  
- Especialização em Geociências, área de concentração Uso e Recursos Naturais do  
Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), como requisito  
para obtenção do grau de  
**Especialista em Geografia e Geociências.**

**Orientador: Prof. José Luiz Silvério da Silva**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Naturais e Exatas  
Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Monografia

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS EM  
SANTA MARIA – RS**

Elaborada por  
**Eliane Forgiarini Fachin**

Como Requisito Parcial para Obtenção do Grau de  
**Especialista em Geografia e Geociências**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**José Luiz Silvério da Silva, Dr.**  
(Orientador)

**Eliane Maria Foletto, Dr. (UFSM)**

**Quelen da Silva Osório, Ms. (UFSM)**

Santa Maria, 19 de agosto de 2005.

## O Homem e a Água

Se o Homem é um gesto a Água é História.  
Se o Homem é sonho a Água é o rumo.  
Se o Homem é um povo a Água é o mundo.  
Se o Homem é a lembrança a Água é  
memória.

(Joan Manuel Serrat)

## **Agradecimentos**

- Por sempre estar ao meu lado, iluminando e guiando meus atos, agradeço ao Pai do Céu;
- Pela dedicação demonstrada na orientação deste trabalho, meu agradecimento ao professor José Luiz Silvério da Silva;
- Pela avaliação final desta pesquisa, agradeço as professoras Eliane M. Foletto e Quelen da Silva Osório.
- Pela ajuda recebida no desenvolvimento deste trabalho, agradeço aos meus colegas e amigos do curso de especialização;
- Por todo amor recebido em todas as etapas da minha vida agradeço a meus pais Vitalino e Elvódia Fachin e irmãos Evandro, Marciel e Maria Angela;
- Pelos sonhos compartilhados, agradeço ao meu noivo Daniel Liberalesso.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	07
LISTA DE ANEXO.....	08
RESUMO.....	09
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Problema e Justificativa.....	12
1.2 Objetivos.....	14
1.2.1 Objetivo Geral.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 Contextualização Geral do Assunto.....	16
2.2 O Ciclo Hidrológico.....	17
2.3 Distribuição da Água na Terra.....	19
2.4 Zonas de Ocorrência das Águas Subterrâneas.....	21
2.5 Condições de Ocorrência das Águas Subterrâneas – Aquífero Guarani.....	23
2.6 Poluição das Águas Subterrâneas e Métodos de Avaliação da Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos.....	26
2.7 Política de Recursos Hídricos no Brasil.....	31
3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	36
4. METODOLOGIA.....	46
5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	51
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70



<b>LISTA DE FIGURAS</b>
-------------------------

Figura 1: Localização Geográfica do município de Santa Maria-RS.....	37
Figura 2: Bacias e Províncias Hidrogeográficas do Brasil.....	43
Figura 3: Regiões e Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul.....	44
Figura 4: Sistema de avaliação do índice de vulnerabilidade natural.....	49
Figura 5: Usos das águas subterrâneas no município de Santa Maria.....	52
Figura 6: Perfil Geológico do poço 4300000597 cadastrado pela CPRM no município de Santa Maria-RS.....	53
Figura 7: Distribuição espacial dos 173 poços e nível estático da água subterrânea no município de Santa Maria-RS.....	55
Figura 8: Distribuição espacial 166 poços e dos sólidos totais dissolvidos no município de Santa Maria-RS.....	58
Figura 9: Distribuição espacial dos 188 poços e dos valores de vazão no município de Santa Maria-RS.....	60
Figura 10: Distribuição espacial dos índices de vulnerabilidade natural dos aquíferos, dos 39 postos de combustíveis e 3 lava-rápido no município de Santa Maria-RS...	63
Figura 11: Superfície Potenciométrica de 173 poços do município de Santa Maria-RS.....	65

## ANEXOS

ANEXO 1: Quadro de parâmetros hidrodinâmicos dos 194 poços cadastrados pela CPRM no Município de Santa Maria – RS.....	75
ANEXO 2: Quadro do índice de vulnerabilidade 171 poços de Santa Maria-RS.....	82
ANEXO 3: Quadro de 39 postos de combustíveis, 3 lava-rápido de Camobi no município de Santa Maria-RS.....	87
ANEXO 4: Quadro de análises físico-químicas de 13 poços cadastrados em saídas de campo em Camobi no município de Santa Maria – RS.....	90

## RESUMO

Monografia de Especialização  
Programa de Pós-Graduação em Geociências  
Universidade Federal de Santa Maria

### **AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS EM SANTA MARIA – RS**

AUTORA: ELIANE FORGIARINI FACHIN

ORIENTADOR: JOSÉ LUIZ SILVÉRIO DA SILVA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 19 de agosto de 2005.

A quantidade de água existente na natureza é finita e sua disponibilidade diminui gradativamente devido ao crescimento populacional aliado à intensificação das atividades de caráter poluidor. Assim, este trabalho apresenta um estudo sobre a vulnerabilidade natural dos aquíferos no Município de Santa Maria. Para a realização deste trabalho utilizou-se os dados referentes aos poços subterrâneos do Município obtidos através da Companhia Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM), estes permitiram a montagem de planilhas a partir do aplicativo Excel contendo os seguintes parâmetros: sigla e numeração do poço, coordenada geográfica, altitude (m), profundidade do poço (m), vazão ( $m^3/h$ ), nível estático (m), tipo de aquífero (livre, confinado, outros), tipo de poço, litologia, usos das águas, sólidos totais dissolvidos (STD mg/L) e condutividade elétrica ( $\mu S/cm$ ) da água. Alguns pontos visitados, tais como, postos de combustíveis e lava-rápido complementaram o cadastro executado por Garcia (2004). Para a determinação do risco de contaminação dos aquíferos no Município de Santa Maria baseou-se na metodologia desenvolvida por FOSTER e HIRATA, 1993 e FOSTER e HIRATA et al. 2003, denominado método GOD. A caracterização da vulnerabilidade natural da área deu-se a partir de três parâmetros: G= grau de confinamento da água subterrânea; O= ocorrência da litologia geral da área; e, D= Profundidade do nível estático. A partir da valoração destes três parâmetros, obteve-se as seguintes classes de índice de vulnerabilidade: 0 – 0,1 desprezível; entre 0,1 – 0,3 baixa; entre 0,3 – 0,5 média; de 0,5 – 0,7 alta e entre 0,7 – 1,0 a classe extrema. Para determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas, necessitou-se do mapeamento dos pontos de interesse e da avaliação dos pontos potenciais de contaminação existentes na área de estudo principalmente postos de combustíveis e lava-rápido. Para a espacialização dos dados elaborou-se cartogramas de isovalores através do uso do programa *Surfer 8*. Foram analisados 194 poços de água subterrânea cadastrados pela SIAGAS/CPRM, e 13 poços cadastrados em trabalho de campo. Quanto a presença de STD, obteve-se: 149 poços que apresentaram águas doces, 19 poços águas salobras e 1 poço água salina. Quanto ao índice de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas simulados através do uso de 171 poços, obteve-se as seguintes classes: desprezível - 6 poços representando 3,5% do total; baixa - 4 poços representando 2,4% do total; média – 47 poços representando 28,4% do total; alta – 112 poços representando 65,8% do total; e extrema – apenas 1 poço representando 1% do total. Considerou-se apenas os postos de combustíveis e os lava-rápido como fontes pontuais de contaminação, sendo que a maioria destes, localizam-se sobre áreas de alta vulnerabilidade. Assim, ressalta-se a necessidade de se executar um melhor planejamento do uso e ocupação dos solos relativos as atividades potencialmente contaminantes como forma de proteção dos mananciais de água subterrânea no Município promovendo o uso sustentável das águas subterrâneas para a atual e futuras gerações.

Palavras-chaves: Aquíferos, Vulnerabilidade, Usos.

## ABSTRACT

Especialization Monograph

Course of Powders-Graduation in Geociências  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### NATURAL VULNERABILITY STUDY THE OF AQUIFERS IN THE MUNICIPAL DISTRICT OF SANTA MARIA – RIO GRANDE DO SUL-BRAZIL

Author: Eliane Forgiarini Fachin  
Advisor: José Luiz Silvério da Silva

Dates and Place of the Defense: Santa Maria, August 19, 2005.

The amount of existent water in the nature is finite and your readiness reduces gradation due to the growth population ally to the intensification of the activities of pollutant character. Like this, this work presents a study on the natural vulnerability of the aquifers in the Municipal district of Santa Maria southern Brazil. For the accomplishment of this work it was used the referring data to the underground wells of the Municipal district obtained through the website from the *Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais* (CPRM), these allowed the assembly of spreadsheets starting from the uses excel software containing the following parameters: acronym and numbering of the well, geographical coordinate, altitude (m), well depth (m), exploitation (m<sup>3</sup>/h), static level (m), aquifer type (free, confined, other), well type, litology, uses of the waters, total dissolved solids (TDS mg/L) and electric conductivity (µS/cm) groundwater. Some visited points, such as, put of fuels and lava-fast they complemented the cadaster executed by Garcia (2004). For the determination of the risk of contamination of the aquifers based on the methodology developed by FOSTER and HIRATA, 1993 and FOSTER et al. 2003, denominated **GOD** method. A characterization of the natural vulnerability of the area felt starting from three parameters: **G** = degree of confinement of the underground water; **O** = occurrence of the general litology of the area; and, **D** = Depth of the static level. Starting from these three parameters, it was obtained the following classes of vulnerability index: the – 0.1 despise; enter 0.1 – 0.3 low; enter 0.3 – 0.5 media; of 0.5 – 0.7 high and enter 0.7 – 1.0 the extreme class. For determination of the risk of contamination of the groundwaters, it was needed the mapping of the points of interest and of the evaluation of the contamination potential points existent in the study area mainly put of fuels and lava-fast. For the data espacialization of the isovalues cartograms was elaborated through the use of the *Surfer 8* software. 194 wells of groundwater were analyzed registered by SIAGAS/CPRM site, and 13 wells registered in field work. As the presence of TDS, was obtained: 149 wells that presented fresh water, 19 wells waters brackywish and 1 well saline water. With relationship to the vulnerability index for the Municipal district of Santa Maria, of the 171 simulate wells, it was obtained the following classes: despise - 6 wells representing 3.5% of the total; low - 4 wells representing 2.4% of the total; media - 47 wells representing 28.4%; high - 112 wells representing 65.8% and it extreme - only 1 well representing 1% of the total. With relationship to the location of the load contaminate, it is observed that most of the positions of fuels and lava-fast they are located in the high vulnerability area, what characterizes as area of risk of contamination of the groundwaters. Deserving a special attention on the part of the proprietors policy agents in relation to the pontential risk of groundwater contamination. The need is pointed out of promoting a better soil occupation and use planning of the activities installed in Santa Maria, as form of protection of the groundwater promoting the maintainable use of this mineral resource for actual and the future generations.

Word-keys: Aquifers, Vulnerability, Uses.

# 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso mineral que possui valor incalculável para o ser humano, pois é indispensável à vida e necessária para praticamente todas as atividades humanas, além de constituir elemento fundamental da paisagem e do meio ambiente.

O surgimento da vida na superfície terrestre está diretamente relacionada à presença da água, pois toda a evolução dos seres vivos está associada à existência de água. A humanidade possui seu desenvolvimento associado aos usos da água, pois os povos primitivos habitavam principalmente áreas próximas aos rios.

Durante séculos a água foi considerada pelo homem como sendo um recurso infinito. Atualmente sabe-se que, diante dos maus usos, os recursos hídricos poderão se tornar escassos, caso haja uma exploração excessiva deste recurso.

Nas últimas décadas tem-se acompanhado um crescimento urbano desordenado, com a ocupação de áreas de mananciais, aumento populacional e a degradação do meio ambiente, levando a poluição das reservas naturais de água doce<sup>1</sup>, principalmente rios e lagos superficiais, podendo, de acordo com a geologia e a geomorfologia do local, atingir o lençol de água subterrânea<sup>2</sup>.

A degradação dos recursos hídricos superficiais está diretamente associada ao processo histórico, pois com a revolução industrial e a urbanização, o homem passou a utilizar os rios como receptores dos esgotos das cidades e dos efluentes das indústrias. Esta prática resultou na contaminação de grande parte das águas superficiais<sup>3</sup> do planeta.

As águas superficiais tornam-se cada vez mais poluídas, sendo necessário altos investimentos financeiros e tecnológicos para que estas adquiram os padrões de potabilidade permitidos para o consumo humano.

---

<sup>1</sup> ÁGUA DOCE (Fresh Water) é aquela água com baixas concentrações de matéria dissolvida (poucas centenas de miligramas por litro), sem gosto de sais. WREGGE 2004 (ABAS)

<sup>2</sup> ÁGUA SUBTERRÂNEA (Ground Water) é aquela água de subsuperfície que ocorre na zona saturada dos aquíferos, movendo-se sob o efeito da força gravitacional, unicamente (...).WREGGE 2004 (ABAS)

<sup>3</sup> . ÁGUA SUPERFICIAL (Surface Water) é toda aquela água líquida que ocorre em corpos de água com superfície livre em contato direto com a atmosfera; ou seja, acima da superfície topográfica; exemplo: rios; lagos; mares. WREGGE 2004 (ABAS)

Diante desta realidade, os usuários deste recurso mineral voltam-se para a utilização de fontes de captação de águas subterrâneas como forte potencial para o suprimento das necessidades do homem.

De acordo com Foster et al. (1993, p.9): “No Brasil, estima-se que 51% do suprimento de água potável seja oriundo dos recursos hídricos subterrâneos provenientes de cerca de 2.000.000 de poços tubulares profundos e milhões de poços escavados”.

A utilização dos recursos hídricos subterrâneos tem apresentado um acelerado crescimento, no entanto esta exploração é marcada pela falta de conhecimentos básicos sobre seu uso sustentável.

No geral os depósitos de água subterrânea são bem mais resistentes aos processos poluidores do que os de água superficial, pois a camada de solo sobrejacente atua como filtro físico - químico. Desta forma a facilidade de um poluente atingir a água subterrânea dependerá de vários fatores, tais como: Tipo de aquífero<sup>4</sup>; profundidade do nível estático: (espessura da zona de aeração; permeabilidade da zona de aeração e do aquífero; teor de matéria orgânica existente na camada e, tipo dos óxidos e/ou minerais de argila existentes no solo), SILVÉRIO et al. (2004).

A poluição capaz de atingir as águas subterrâneas pode ter origem variada, podendo ser alvo da poluição causada pelo processo de urbanização ou pelo desenvolvimento industrial, pelas atividades agrícolas e pelas áreas de mineração.

### 1.1 Problema e justificativa

Estudos recentes evidenciam a contaminação das águas subterrâneas em pontos localizados, esta situação tende a ampliar-se com o aumento da demanda de água potável, por isso são de extrema importância estudos que visam à investigação e proteção da qualidade deste recurso mineral.

Observa-se que o controle do uso e da qualidade das águas subterrâneas é ainda de certa forma ineficaz dada a falta de informações a respeito do assunto. Esta

---

<sup>4</sup> Aquífero: A Resolução n.º 15, de 11 de janeiro de 2001 do CONAMA, especifica aquífero com sendo um Corpo Hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos.

reconhecida carência de conhecimentos básicos em relação aos recursos hídricos necessita de um rápido desenvolvimento e mobilização social, garantindo assim uma vigilância da própria sociedade para com o uso e o controle racional deste recurso mineral.

Cabe ressaltar, no entanto que os estudos que objetivam a preservação das águas, dependem não somente de ações de profissionais da área, e estudos técnico-científicos, mas de cada indivíduo da sociedade, através da conscientização da importância deste recurso mineral para a manutenção e permanência da espécie humana no planeta, onde pequenas ações individuais possam ser somadas, gerando resultados expressivos em prol do próprio homem.

Para Tocchetto e Pereira (2005): “A relação do homem com a água (...) deve estar baseada numa visão onde se leva em conta a sustentabilidade, racionalização e responsabilidade, dentro da qual, somos parte integrante do meio ambiente e, responsáveis pela proteção e pela elevação da qualidade de vida no Planeta”.

Uma vez contaminados os aquíferos, sua descontaminação é difícil, requer técnicas economicamente inviáveis e na maioria dos casos sua recuperação não permite a remoção completa dos produtos contaminantes. (Foster e Hirata, 1993).

Frente a esta situação, prevenir a contaminação ainda é a solução mais coerente. Em se tratando de recursos hídricos a prevenção se dá através de estudos eficientes de proteção dos aquíferos, controle das atividades humanas e planejamento ordenado em relação à ocupação e ao uso do solo.

Desta forma surgem importantes estudos que avaliam o risco de contaminação de determinadas áreas, a fim de priorizar a aplicação de recursos técnicos e a proteção das áreas mais suscetíveis à poluição, como forma de prevenir a degradação qualitativa e quantitativa da reserva de água doce subterrânea.

Nas últimas décadas tem surgido estudos que avaliam a vulnerabilidade<sup>5</sup> natural de determinadas áreas, e estes se tornaram de fundamental importância para a preservação dos aquíferos, pois a partir da determinação dos riscos de contaminação

---

<sup>5</sup> Vulnerabilidade: “a vulnerabilidade do aquífero é entendida como a maior ou menor suscetibilidade à contaminação do material de subsuperfície a um evento contaminador”. Foster (1993).

das águas subterrâneas pode-se dar maior proteção a esta, restringindo as práticas atuais de uso e ocupação antrópica.

Cabe ressaltar que o município de Santa Maria localiza-se sobre área de recarga do Sistema Aquífero Guarani, (SAG) desta forma apresenta material rochoso bastante permeável nestas áreas, oferecendo a condição de uma porta de entrada aos materiais poluentes, sendo de extrema necessidade o estudo de estratégias para a proteção dos aquíferos nestes locais.

Diversas atividades humanas de acordo com Foster e Hirata (1993) são consideradas fontes potenciais de poluição, cabe investigar se estas se localizam em áreas com características litológicas que lhe conferem uma fácil acessibilidade à zona saturada do aquífero quanto à penetração dos contaminantes no solo. Assim a porosidade, a permeabilidade, a quantidade de areia, silte e argila influem nesta avaliação.

A área em estudo apresenta diversas atividades que podem desencadear processos de contaminação das águas subterrâneas, como é o caso das áreas agrícolas, utilizadas para o cultivo de arroz, onde são utilizados agroquímicos, tais como herbicidas, em uma área consideravelmente extensa, localizada as margens do rio Vacacaí-Mirim.

Santa Maria também apresenta em seu perímetro urbano locais de deposição de resíduos sólidos, cursos de água contaminados, área urbana sem rede de esgoto implantada e rotas de transportes de cargas perigosas, desta forma, são necessárias medidas urgentes de controle, monitoramento e redução destas atividades, sob pena do município vir a ter sérios problemas de poluição das águas subterrâneas. Nelas incluem-se os lava rápidos sem caixas de contenção de resíduos, sendo depositados diretamente em curso d'água.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 objetivo geral**

Na busca de uma maior proteção dos recursos hídricos subterrâneos para as gerações futuras e atuais, este trabalho tem como objetivo identificar as áreas mais vulneráveis à contaminação das águas subterrâneas através dos estudos da espacialização da vulnerabilidade natural dos aquíferos no município de Santa Maria – RS.

### **1.2.2 objetivos específicos**

- realizar um levantamento de dados dos poços tubulares profundos da área em estudo, atualização do banco de dados;
- detectar, espacializar e classificar os locais de maior risco de contaminação das águas subterrâneas;e,
- espacializar as fontes potenciais de contaminação instaladas no município identificadas pelos postos de combustíveis e lava-rápido.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Contextualização do assunto**

As águas subterrâneas constituem importante fonte de abastecimento de água em várias partes do mundo, tendo seu uso intensificado nas últimas décadas. Necessitando de expressivo incremento dos conhecimentos científicos, tecnológicos e legais para sua exploração.

Inicialmente o uso das águas subterrâneas pelos povos consistia no aproveitamento de nascentes e de lençóis freáticos rasos, captados através de escavações rudimentares. Atualmente todos os países do mundo, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades, seja no abastecimento total, abastecimento público e de atividades como irrigação, produção de energia, turismo, indústria etc... (ANEEL, 1999, p. 140).

No Brasil, da mesma forma que no resto do mundo, a utilização das águas subterrâneas tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas e as indicações são de que esta tendência deverá continuar, pois se observa atuando no país um número significativo de empresas privadas na captação de recursos hídricos subterrâneos e órgãos públicos desenvolvendo pesquisas técnico-científicas e sócio-econômicas.

Como a água subterrânea não pode ser visualizada em superfície, somente o conhecimento científico de sua ocorrência pode nos capacitar a formulação de respostas a partir de sua existência real suas características físico-químicas e seu comportamento em subsuperfície.

O passo inicial para seu completo conhecimento do comportamento da água em subsuperfície se dá através do entendimento do ciclo hidrológico, buscando respostas do que acontece com as águas que atingem o solo e nele se infiltram, sem dúvida a parcela menos conhecida do referido ciclo.

## 2.2 O ciclo hidrológico

Segundo Tucci et al. (1993, p. 35): “o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre”. Se a análise do ciclo hidrológico se der em escala não global este terá uma circulação aberta.

De acordo com Cederstrom, (1964, p.6): “Os recursos de água de todas as bacias fluviais fazem parte de um gigantesco sistema circulatório conhecido como ciclo hidrológico (...), costuma-se supor que o ciclo hidrológico tenha início na superfície dos oceanos”.

O ciclo hidrológico segundo Cederstrom, (1964, p. 6), pode ser assim descrito:

Como os oceanos são grandes recobrem grandes superfícies do planeta, estes sofrem contínua evaporação, o vapor de água que atinge a atmosfera é transportado pelas massas de ar, sendo eventualmente precipitado na forma de chuva, granizo ou neve, (...) esta água que atinge o solo, é evaporada diretamente, outra parte é utilizada pela vegetação e depois devolvida a atmosfera, uma outra cai diretamente nos cursos de água, enquanto que parte atinge a superfície dos terrenos.

Devido às diferentes e particulares condições climáticas, em nosso planeta a água pode ser encontrada, em seus vários estados: sólido, líquido e gasoso. Assim a permanente mudança de estado físico da água, ou seja, o próprio ciclo hidrológico, é considerado a base da existência da erosão da superfície terrestre.

Em regiões frias, como nas grandes altitudes e nas baixas latitudes (calotas polares), a água precipitada pode se acumular na forma de gelo, onde poderá permanecer imobilizada por milhões de anos.

No comentário de Zimbres (2000): “Não fossem as forças tectônicas, que agem no sentido de criar montanhas, hoje a Terra seria um planeta uniformemente coberto por uma camada de 3 km de água salgada”. Explica-se desta forma, a constante erosão que ocorre na superfície terrestre causada pelo constante movimento da água durante as diferentes etapas do ciclo hidrológico.

A água em seu incessante movimento na atmosfera e nas camadas mais superficiais da crosta terrestre pode percorrer desde o mais simples até o mais complexo dos caminhos.

Quando uma chuva cai, parte da água precipitada se infiltra através dos espaços que encontra no solo e/ou nas rochas. Como o solo é um meio poroso, há infiltração de grande parte da precipitação que chega até ele, enquanto sua superfície não se satura, dependendo da cobertura vegetal e da inclinação do terreno.

A infiltração ou percolação<sup>6</sup> no interior do solo é comandada pela ação da força da gravidade agindo sobre a água, infiltrando-se na superfície até não encontrar mais espaços vazios, nesta fase tem-se o início do movimento horizontal da água em direção as áreas de baixa pressão.

Após uma saturação superficial do solo, áreas mais profundas vão sendo saturadas, a infiltração decresce até uma taxa residual. A única força que se opõe a este movimento é a chamada força de adesão das moléculas d'água às superfícies dos grãos ou rochas por onde penetra.

De acordo com Tucci et al. (1993, p. 37):

A umidade do solo realimentada pela infiltração é aproveitada em parte pelos vegetais, que a absorvem através das suas raízes e a devolvem, quase toda, à atmosfera por transpiração, na forma de vapor de água. O que os vegetais não aproveitam, percola para o lençol freático que normalmente contribui para o escoamento de base dos rios.

A água da chuva que não se infiltra, escoar sobre a superfície em direção as cotas mais baixas do terreno, vencendo principalmente o atrito com a superfície do solo, indo alimentar diretamente os riachos, rios, mares, oceanos, lagos e banhados.

O caminho subterrâneo das águas é o mais lento de todos, pois a água de uma precipitação que não se infiltrou levará poucos dias para percorrer muitos quilômetros, já a água subterrânea levará dias para percorrer poucos metros. Havendo oportunidade esta água poderá retornar a superfície, através das fontes, indo se somar às superficiais, ou então, voltar a se infiltrar novamente para aquíferos mais profundos.

---

<sup>6</sup> PERCOLAÇÃO (Seepage) é a capacidade de um fluido deslocar-se em um meio poroso; exemplo: percolação da água no pó do café. WREGG 2004 (ABAS)

Para Rebouças (1999, et al. p. 77): “Dentro de uma moderna abordagem do gerenciamento integrado de recursos hídricos, as águas subterrâneas representam a parcela do ciclo hidrológico que transita pelo subsolo de um sistema hidrológico (...)”.

Enquanto os rios têm como principal função a coleta e o transporte de água que chega na sua calha ou leito, o subsolo tem a função de estocagem das infiltrações que ocorrem nos terrenos da unidade hidrográfica, em consequência, as águas subterrâneas constituem o elemento primordial de regularização dos fluxos dos rios, durante períodos de estiagem.

Uma pequena parcela da água que atinge a superfície através da precipitação escoar pela rede de drenagem até atingir o oceano. Pois nos oceanos a circulação da água é regida por uma complexa combinação de fenômenos físicos e meteorológicos, onde pode-se destacar, a rotação terrestre, a ação dos ventos de superfícies e as marés.

### **2.3 Distribuição da água na Terra.**

A quantidade de água disponível hoje em todo o planeta é praticamente a mesma que existia no momento da formação da Terra, mas embora a quantidade permaneça a mesma, esta água tem distribuição e utilização diferente de 100 anos atrás, devido, ao crescimento populacional e o aumento no consumo que tem se tornado cada vez mais exigente e mais poluente.

O volume da água existente no mundo é cerca de 1.400 milhões de km<sup>3</sup>/ano, dos quais 97,3% correspondem a água do mar e apenas 2,7% à água doce. Desta pequena parcela de água doce do planeta cerca de 78% encontra-se na forma de neve e/ou cobertura de gelo, o restante é encontrado na forma de água superficial, água subterrânea e umidade do solo, (REBOUÇAS, et al. 1999).

As reservas de água superficial e subterrânea somam um total de  $4,15 \times 10^6$  km<sup>3</sup>, deste total, 96,5% está na forma de água subterrânea, aquíferos e equitardes, e apenas 3,5% encontram-se na forma de águas superficiais, portanto a maior parte de água doce disponível para o consumo humano concentra-se nos reservatórios subterrâneos, de acordo com os autores citados.

Cabe ressaltar que a reserva de água economicamente viável para o consumo humano, restringe-se a 0,7% da água doce existente no Planeta, pois muitos aquíferos são encontrados a grandes profundidades onde seriam necessários grandes custos para a exploração<sup>7</sup> da água até a superfície.

Nas últimas três décadas o volume de água que compõem o gigantesco ciclo hidrológico foi avaliado por diferentes autores. Os valores encontrados diferem devido, aos variados processos metodológicos empregados. Porém as discordâncias dos valores resultam da escassez de dados, da consideração de parâmetros que são obtidos ao longo de diferentes períodos de tempo e da má distribuição das respectivas estações ou postos de medidas, não devem ser menos importantes. Porém numa diversidade de situações, a água existente em quantidade é praticamente constante (REBOUÇAS, et al.,1999).

O Brasil detém 13% das reservas de água doce do Planeta, esta visão de abundância, aliada à grande dimensão continental do País, favorece o desenvolvimento de uma consciência de inesgotabilidade, isto é, um consumo distante dos princípios de sustentabilidade e sem preocupação com a escassez.

Observando a elevada taxa de desperdício de água no Brasil, cerca de 70%, comprova-se uma despreocupação da população como um todo com a preservação deste recurso mineral. Pois a oferta gratuita de recursos naturais pela natureza e a crença de sua capacidade ilimitada de recuperação frente às ações exploratórias contribuíram em nosso país para essa postura descomprometida com a proteção e o equilíbrio ecológico.

Como se pode constatar o Brasil é um país rico em recursos hídricos, porém para que a disponibilidade hídrica se mantenha em quantidade e qualidade, necessita-se iniciar ações básicas como: o tratamento de esgotos, a manutenção de matas ciliares, manutenção e ampliação de áreas verdes em zonas urbanas, controle rígido do uso de insumos agrícolas e campanhas de uso racional da água, nos setores agrícola,

---

<sup>7</sup> EXPLOTAÇÃO (Exploitation) de água subterrânea consiste na sua extração para dispô-la ao uso; laicamente: exploração. WREGG 2004 (ABAS)

industrial e comercial. Nossa participação como cidadãos nesse setor é vital para a sobrevivência e não pode ser restrita.

#### **2.4 Zonas de ocorrência das águas subterrâneas**

Considerando a proporção do espaço poroso ocupado pela água, contida no solo e nas formações geológicas a ocorrência da água subterrânea em subsuperfície pode ser classificada como: Zona de Saturação e Zona de Aeração.

De acordo com Todd (1959, p. 14): “Na zona de saturação todos os interstícios estão preenchidos com água sob pressão hidrostática, e a zona de aeração constitui-se de interstícios parcialmente ocupados por água e por ar”.

A água que ocorre na zona de aeração também denominada de zona-não saturada é identificada como água vadosa<sup>8</sup> ou suspensa, nesta zona a água ocorre na forma de películas aderidas aos grãos de solo. Na maioria das massas terrestres, uma única zona não-saturada sobrepõe-se a uma zona de saturação estendendo-se até a superfície.

A zona não saturada representa a primeira e mais importante defesa natural contra a contaminação das águas subterrâneas, por se encontrar localizada entre a superfície do terreno e o nível freático e ainda, por apresentar um ambiente propício à atenuação e eliminação de contaminantes. (FOSTER e HIRATA, 1993).

Descrito por Todd (1959, p. 14): “A zona de aeração é dividida em três faixas: a faixa de água do solo, a faixa intermediária e a franja de capilaridade”. Segundo o mesmo autor: “as faixas variam em profundidade e seus limites não são bem definidos por diferenças físicas dos materiais terrosos, há uma transição gradual de uma para outra”.

A profundidade da faixa de água do solo varia de acordo com o tipo de solo e de vegetação existente na área. A retenção de água nesta região se dá por atração.

---

<sup>8</sup>. ÁGUA VADOSA (Vadose Water) é aquela água subsuperficial ocorrendo na zona de aeração sob a influência das forças moleculares e, pois, fixa. WREGGE 2004 (ABAS)

molecular e capilaridade. Isto também ocorre com a zona intermediária, e seu armazenamento não pode ser aproveitado para nenhum uso.

A Franja Capilar retém água acima da zona de saturação por capilaridade, opondo-se a força da gravidade. Sua espessura e quantidade de água retida variam de acordo com a granulometria do material detrítico.

A água que ocorre na zona saturada é denominada de água subterrânea, e quando esta pode ser retirada a partir da perfuração de poços tubulares, tem-se a formação de um aquífero, esta zona é limitada em seu topo por uma limítrofe de saturação ou por camadas impermeáveis de leitos de argila ou rochas.

A zona saturada pode apresentar de vários centímetros até centenas de metros. Os fatores que influenciam na variação da espessura serão a geologia local, a porosidade e a permeabilidade das formações, bem como o movimento da água dentro da zona entre os locais de recarga e pontos ou áreas de descarga, (TODD, 1959).

De acordo com a pressão da água existente na zona saturada os aquíferos podem ser classificados como:

**Aquífero Livre ou Freático:** neste tipo de aquífero a pressão na superfície da zona saturada se encontra em equilíbrio com a pressão atmosférica, estes aquíferos estão sujeitos à contaminação, por localizarem-se próximo a superfície. Portanto maior risco de contaminação.

**Aquíferos Artesianos:** nestes aquíferos há uma camada de materiais impermeáveis de forma que a pressão do topo da zona é maior do que a pressão atmosférica. Ex. Sistema Aquífero Guarani, formado por arenitos da Formação Botucatu confinados pelos derrames vulcânicos da Formação Serra Geral.

A partir da geologia onde está situado o aquífero este apresenta diferentes capacidades de armazenamento de água e pode ser classificado em:

**Aquífero Poroso:** com ocorrência em áreas de rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e solos arenosos, podendo armazenar um grande volume de água. Poços perfurados nestes aquíferos podem fornecer até 500 metros cúbicos de água por hora. Exemplo rochas sedimentares da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, formando o Sistema Aquífero Guarani.

**Aqüífero Fraturado ou Fissurado:** ocorre em regiões de rochas ígneas e/ou metamórficas. A capacidade de armazenamento de água nestas rochas está diretamente relacionada à quantidade de fraturas que estas apresentam. Poços perfurados nestas rochas fornecem, normalmente, poucos metros cúbicos de água por hora. Exemplo rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

**Aqüífero Cárstico:** desenvolve-se em regiões que apresentam rochas carbonáticas, são aquíferos fraturados onde, devido à dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas grandes nas rochas, criando verdadeiros rios subterrâneos. Ex. Estado do Paraná, São Paulo e nordeste do Brasil.

## **2.5 Condições de ocorrência das águas subterrâneas – Sistema Aqüífero Guaraní**

As condições de ocorrência das águas subterrâneas de uma determinada região dependem da interação dos fatores climáticos e geológicos, cuja variabilidade também é muito grande, de acordo com a escala observada e a área a ser estudada.

A partir dos fatores climáticos e hidrogeológicos tem-se as diferentes formas de recarga, armazenamento, circulação, descargas e qualidade da água subterrânea.

De acordo com Zimbres (2000): “Toda formação geológica em que a água pode ser armazenada e que possua permeabilidade suficiente para permitir que esta se movimente é denominada de Aqüífero”.

Para WREGGE 2004 (ABAS), considera-se aquífero:

Uma litologia porosa e permeável, capaz de ceder água economicamente a obras de captação; exemplo: areia, arenito; ou seja, o aquífero é um material geológico capaz de servir de depósito e de transmissor da água armazenada; assim, uma litologia só será aquífera se, além de conter água, ou seja, seus poros estando saturados (cheios) de água, permita a fácil transmissão da água armazenada.

Assim para a formação de um aquífero a rocha ou sedimento, deve possuir porosidade (capacidade de armazenamento de água) suficiente para armazenar água, e os poros ou espaços vazios devem ter dimensões suficientes para permitir que a água possa circular, sob a ação de um diferencial de pressão hidrostática (permeabilidade).

Os aquíferos podem variar em extensões que vão desde alguns km<sup>2</sup> até milhões de km<sup>2</sup>, podendo ter espessuras de alguns metros ou de centenas. Sua ocorrência pode se dar em superfície ou se encontrar em profundidade de até centenas de metros, este ainda pode estar confinado em camadas relativamente pouco permeáveis.

Quando a camada aquífera apresentar grande espessura saturada em água, a qual poderá ser extraída por meio de poços tubulares escavados, túneis ou qualquer obra de captação, constitui-se num manancial propriamente dito.

Uma região que possui sistemas aquíferos com condições semelhantes de: armazenamento; circulação e qualidade de água é denominada Província Hidrogeológica, (WREGGE, 2004). De acordo com Agência Nacional de Águas (ANA), o Brasil possui dez (10) Províncias Hidrogeológicas sendo a Província Hidrogeológica do Paraná designada atualmente de Sistema Aquífero Guarani.

A denominação Sistema Aquífero Guarani é uma homenagem à nação Guarani, uma tribo indígena que habitava toda essa região nos primórdios do período colonial. Inicialmente havia recebido a denominação de Aquífero Gigante do Mercosul, ARAUJO et al. (1995). Na Argentina e no Uruguai, o aquífero também é reconhecido como *Formación Taquarembó* e, no Paraguai, como *Formación Misiones*, assim como os derrames vulcânicos constituem a *Formación Arapey*.

O Sistema Aquífero Guarani, com ocorrência em quatro países (Argentina, Paraguai, Uruguai e Brasil), abrange 1,2 milhões de quilômetros quadrados e apresenta uma reserva de água acumulada ao longo do tempo, na ordem de 45.000 km<sup>3</sup> (CHANG, 2001).

De acordo com Mallmann, (2004, p.6), estudos indicam que: “O volume de água armazenado é de 50 quatrilhões de litros, apresentando uma vazão na ordem de 800 metros cúbicos por hora em profundidade de mil a 1,2 mil metros e nas bordas com cerca de 3 metros cúbicos por hora”.

Este Aquífero é constituído por rochas sedimentares pertencentes à bacia sedimentar do Paraná, mais especificamente constituído pelas Formações Rosário do Sul e Formação Botucatu no estado do Rio Grande do Sul. o nome da Formação

Pirambóia é conhecido em outros estados brasileiros e equivale a Formação oRosário do Sul.<sup>9</sup>

Das rochas que compõem o aquífero, a mais importante é o arenito Botucatu, de idade Triássico superior a Jurássico inferior (190 milhões de anos atrás). Este arenito foi depositado em ambiente desértico, o que explica as características que faz dele um ótimo reservatório de água. Apresenta uma porosidade entre 18 e 30%, ARAUJO et al. (1995).

Sua espessura média é de 100 metros, havendo locais que pode chegar a 130 metros, onde se encontram os afloramentos das rochas sedimentares que constituem as áreas de recarga do Aquífero.

Nas regiões centrais da Bacia do Paraná, as rochas sedimentares encontram-se encobertas por uma camada de rochas vulcânicas, podendo atingir profundidades de 1.500 metros, não havendo desta forma recarga direta do Aquífero nestas áreas, pois, o sistema encontra-se confinado, ou seja, encoberto por uma camada de rochas impermeáveis que dificultam a passagem de água para as camadas inferiores. Como exemplo tem-se um poço tubular em Santa Rosa com 1.200 metros, sendo cerca de 1.100 metros penetrante em rochas vulcânicas e cerca de 100 metros confinados, pertencentes aos arenitos da Formação Botucatu.

Apesar da grande profundidade do Aquífero nas áreas de confinamento, os poços tubulares perfurados não necessitam atingir grandes profundidades para captação da água, pois devido à elevada pressão em que se encontra o Sistema Aquífero a água sobe chegando a atingir poucos metros da superfície. Havendo casos em que a pressão é suficiente para a ocorrência de poço jorrante.

A água do aquífero é considerada potável em quase toda a sua extensão, sendo raros os pontos onde as suas águas apresentam, originalmente, teores de salinidade e enriquecimento em flúor acima do limite de potabilidade.

Sivério da Siva et al. (2002) citam ocorrências de flúor em águas do SAG, nos municípios de Venâncio Aires, Santa Cruz do Sul, Vera Cruz, Restinga Seca, Santa Maria.

---

<sup>9</sup> Nota do Orientador do Trabalho.

Apesar das características descritas, há uma significativa preocupação entre os cientistas com relação às áreas de recarga, áreas consideradas mais vulneráveis a contaminação.

Diante disso, estas áreas devem ser objeto de programas de planejamento e gestão ambiental permanentes para se evitar a contaminação da água subterrânea e sobre-exploração do Aquífero com o conseqüente rebaixamento do lençol freático.

Calcula-se que o Sistema Aquífero Guarani seja responsável por cerca de 80% do total de água acumulada na Bacia Sedimentar do Paraná, constituindo, possivelmente uma das maiores reservas de água doce do mundo. Portanto necessitando de medidas urgentes para a proteção de suas águas. Zimbres (2000) afirma que:

Estudos têm revelado que as águas do Aquífero Guarani ainda estão livres de contaminação. Contudo considera-se que as áreas de recarga do Aquífero coincidem com importantes áreas agrícolas, onde serão necessárias urgentes medidas de controle e monitoramento, sob pena de vir a ter sérios problemas de poluição, sendo necessário um rígido controle para se evitar a contaminação do mesmo.

Segundo Mallmann (2004, p.6): (...) o risco não está em o Sistema Aquífero secar, mas ficar poluído (...) as conseqüências se isto vier a ocorrer serão sérias, pelo menos 15 milhões de pessoas que vivem nos quatro países latinos poderiam vir a consumir água contaminada”.

Atualmente usar e cuidar das reservas de água subterrânea como o Sistema Aquífero Guarani é de fundamental importância, pois a água potável do nosso Planeta poderá se tornar escassa em pouco tempo. Saliente-se que o SAG apresenta potencial Geotermal e pode ser utilizado em balneários hidrotermais como em Salto e Arapey no Uruguai; Irai, Marcelino Ramos, Nova Prata no Rio Grande do Sul. Na cidade de Sobradinho um poço com 540 metros no SAG atingiu 26°C de acordo com dados do SIAGAS/CPRM (2005).

## **2.6 Poluição das águas Subterrâneas e Métodos de Avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos**

A poluição das águas superficiais é visível e facilmente identificada, enquanto são invisíveis e podem se tornar crônicas, no caso dos aquíferos. Assim a poluição das

águas subterrâneas pode se tornar irreversível no prazo de uma geração, felizmente estas se encontram mais bem protegidas do que os mananciais de água doce superficiais.

A poluição das águas subterrâneas refere-se a qualquer deterioração na qualidade das águas, resultante de atividades humanas provocadas ou acidentais. A facilidade de um poluente atingir a água subterrânea dependerá dos seguintes fatores:

**Tipo de aquífero:** Os aquíferos freáticos são mais vulneráveis do que os confinados ou semiconfinados, enquanto que os aquíferos porosos são mais resistentes do que os fissurais, e/ou entre estes os mais vulneráveis são os cársticos.

**Profundidade do nível estático:** (espessura da zona de aeração): Como esta zona atua como uma área de proteção físico-química, sua espessura tem papel importante, pois espessuras maiores permitirão maior tempo de filtragem, além do que aumentarão o tempo de exposição do poluente aos agentes oxidantes e adsorventes presentes na zona de aeração.

**Permeabilidade da zona de aeração e do aquífero:** Uma zona de aeração impermeável ou pouco permeável representa uma barreira à penetração de poluentes no aquífero. As áreas de maior permeabilidade do aquífero atuam como zona de recarga e têm uma importância fundamental em seu gerenciamento, mas por outro lado, a alta permeabilidade permite uma rápida difusão da poluição, caso ocorra.

**Teor de matéria orgânica existente no solo ou camada aerada:** A matéria orgânica tem grande capacidade de adsorver uma gama variada de metais pesados e moléculas orgânicas. Desta forma é responsável por uma grande diminuição do impacto ambiental da agricultura, pois esta tem a capacidade de diminuir a quantidade de nitrato e outros elementos químicos. De acordo com Drever (1997) sua capacidade de troca de cátions (CTC) é da ordem de 500 meq/100g de solo.

**Tipo dos óxidos e minerais de argila existentes no solo:** Sabe-se que estes compostos, por suas cargas químicas superficiais, têm grande capacidade de reter uma série de elementos e compostos apresentam CTC variada. Um poluente após atingir o solo, poderá passar por uma série de reações químicas, bioquímicas, fotoquímicas e inter-relações físicas com os constituintes do solo antes de atingir a água subterrânea. Estas reações poderão neutralizar, modificar ou retardar a ação poluente. Em muitas

situações a biotransformação e a decomposição ambiental dos compostos fitossanitários pode conduzir à formação de produtos com uma ação tóxica aguda mais intensa ou, então, possuidores de efeitos injuriosos não caracterizados nas moléculas precursoras, (ZIMBRES, 2003).

As substâncias contaminantes dispostas sobre ou sob o solo não se mantêm intactos no local, pois a água subterrânea, apresenta uma característica de dissolução, transporte e propagação dos materiais a partir de pontos localizados.

A contaminação da água subterrânea se dá devido ao fato da grande parte das substâncias contaminantes serem solúveis em água, e muitos dos rejeitos químicos apresentarem alta toxicidade mesmo em mínimas concentrações.

A área afetada pela contaminação da água subterrânea pode ter origem em duas categorias de fontes: pontuais (fáceis de identificar) e dispersas ou difusas, (FOSTER e HIRATA, 1993).

Os mais significativos exemplos de fontes pontuais de contaminação são os lixões, aterros controlados e aterros de disposição de resíduos industriais, fossas sépticas, acidentes ambientais com vazamentos de produtos químicos, cemitérios, e tanques de armazenamento de combustíveis.

Quando um depósito de algum produto químico ou resíduo sólido é realizado próximo a um aquífero arenoso, o risco de contaminação é muito grande, devido a facilidade de transporte de substâncias nestas áreas, podendo atingir as águas subterrâneas em curto espaço de tempo.

A infiltração de produtos perigosos no solo a partir da aplicação de agrotóxicos e fertilizantes nas propriedades rurais e saneamento urbano sem rede de esgoto são exemplos de fontes de poluição dispersa, por serem capazes de atingirem grandes áreas.

Outra forma de contaminação das águas subterrâneas se dá por intrusão salina, em áreas próximas ao mar. As intrusões salinas são ocasionadas pela retirada de água do aquífero superficial, ocasionando um rebaixamento dos níveis de água doce, permitindo a intrusão da água do mar no aquífero continental, de acordo com Heath (1993).

Atualmente a poluição da água subterrânea afeta apenas áreas relativamente pequenas, que devem ser evitadas na seleção de locais para a perfuração de poços tubulares. Entre as áreas com maior probabilidade de poluição da água subterrânea estão:

- distritos industriais que incluem indústrias químicas e de refinamento de petróleo;
- áreas residenciais em que os rejeitos domésticos são colocados em fossas sépticas;
- áreas de confinamento de animais ou aquelas em que um número muito grande de animais são mantidos juntos;
- áreas de deposição de sólidos e líquidos, incluindo aterros sanitários;
- depósitos de substâncias químicas, principalmente aquelas solúveis em água.

Nos locais onde a qualidade das águas subterrânea já se encontra degradada deve-se adotar medidas de recuperação da área, evitando-se danos à saúde pública e ao meio ambiente.

No Brasil, país onde os recursos financeiros são escassos, deve-se dar proteção às águas subterrâneas a partir da identificação das áreas mais vulneráveis a contaminação através de atividades preventivas, contra qualquer tipo de contaminação e com medidas de recuperação de áreas já degradadas, de forma a garantir o uso deste recurso mineral hoje e no futuro.

De acordo com Foster e Hirata, (1993, p. 9): “Frente a importância das águas subterrâneas pode-se pensar que a proteção dos aquíferos, no tocante à preservação da deteriorização da qualidade venha recebendo a atenção necessária, sobretudo próximo aos grandes centros urbanos. Entretanto, por inúmeras razões, tal atenção não é dada.”

As perspectivas atuais envolvendo a descontaminação dos aquíferos não obtiveram êxito, muitas vezes relacionado a razões econômicas, e a falta de técnicas viáveis. Desta forma surge a necessidade de prevenir a contaminação das águas subterrâneas, uma vez que, estas contaminadas não podem ser utilizadas pelos seres humanos em suas diversas aplicações.

Salienta-se que poços tubulares ou escavados desativados podem ser pontos potenciais de contaminação. Sabe-se que usuários de poços quando recebem água encanada da Companhia Riograndense de Saneamento usam os poços como local de depósitos de entulhos e até de esgotos como ocorre no Bairro Camobi em Santa Maria. Informação verbal do orientador.

Foster e Hirata et al. (1993) e Foster e Hirata (2003) desenvolveram um modelo para determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas através do estudo da vulnerabilidade natural denominado de (GOD).

De acordo com Foster apud Foster e Hirata (1993, p. 67): “O termo vulnerabilidade à contaminação do aquífero é usado para representar as características intrínsecas que determinam a susceptibilidade de um aquífero de ser adversamente afetado por uma carga contaminante”.

Segundo este modelo, através da utilização de dados já existentes relacionados ao aquífero é possível classificar o perigo de contaminação das águas subterrâneas de determinada área.

Nas palavras de Foster e Hirata (1993, p.5): “O método é o primeiro passo para uma avaliação sistemática do risco de contaminação das águas subterrâneas”. Desta forma o modelo de avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos tem sido utilizado como estratégia para a preservação e o controle da contaminação das águas subterrâneas uma vez que sua aplicação permite um maior controle das atividades humanas, através do planejamento adequado do uso e ocupação do solo.

Existem outros métodos de avaliação da vulnerabilidade natural, como por exemplo o DRASTIC, utilizado por Maziero (2005) na região de Dona Francisca, no Estado do Rio Grande do Sul.

De acordo com o autor citado, este método necessita detalhar sete parâmetros associados a informações de campo e outras de laboratório.

Neste trabalho optou-se pelo método “GOD” Foster e Hirata et al. (1993) e Foster e Hirata (2003) por ser um método baseado em informações pré-existentes e necessitando-se considerar apenas três parâmetros.

## 2.7 Política de Recursos Hídricos no Brasil

A nível mundial tem-se observado um crescimento da demanda mundial por água de boa qualidade, a uma taxa superior a renovabilidade do ciclo hidrológico, o que poderá provocar uma das maiores pressões antrópicas sobre os recursos naturais do planeta neste século, (ANEEL, 1999).

As transformações demográficas observadas em nosso país, entretanto, ao inverter os percentuais de população rural e urbana de 70% e 30%, respectivamente, até o final dos anos cinqüenta, motivaram, em conjunto com o processo de industrialização, um grande aumento da pressão de demanda sobre a base de recursos naturais, em particular os recursos da água, (ANNEEL, 1999).

Episódios de escassez, contaminação e conflitos de usos da água passaram a freqüentar mais assiduamente o noticiário em várias regiões do país. Estes fatores provocaram um grande debate nacional sobre os recursos hídricos, iniciados no final dos anos setenta e ainda não encerrados.

O Brasil detém quase 15% da reserva hídrica do Planeta, com disponibilidade de 180.000 m<sup>3</sup>/s. também possui os maiores recursos mundiais, tanto superficiais (bacias hidrográficas do Amazonas e Paraná) quanto os subterrâneos (Bacias do Paraná, Piauí, Maranhão), (ANNEEL, 1999). Para que essa imensa riqueza seja administrada, foram formulados leis e decretos que regem a gestão e o uso dos recursos hídricos, como as apresentadas a seguir.

A Política Nacional de Recursos Hídricos instituída por meio do Decreto n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, trouxe discussões atuais a partir de uma política específica para os recursos hídricos,

A Lei apresenta cinco instrumentos essenciais à boa gestão do uso da água:

- O Plano Nacional de Recursos Hídricos;
- A Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos;
- A cobrança pelo uso da água;
- O enquadramento dos corpos de água em classes de uso, baseado na Resolução n.º 20 do CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente<sup>10</sup>;

---

<sup>10</sup> Atualmente foi substituída pela Portaria 357 de 11 de janeiro de 2005.

- Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos, que consiste na criação de um banco de dados cadastrais.

A partir da Lei 9.433, de 1997, foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o qual é constituído pelos seguintes órgãos:

- Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- Conselhos dos Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;
- Os Comitês de Bacias Hidrográficas;
- Os Órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais; e,
- As Agências de água.

A Constituição Federal Brasileira de 1988 estabelece que os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terreno de seu domínio ou que banhe mais de um estado, são bens da União, enquanto que as águas superficiais e subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósitos são tidas como bens dos estados.

A proteção do meio ambiente e a melhoria das condições de fiscalização e concessões de direitos de exploração dos recursos hídricos constituem segundo a Constituição Federal de 1988, competência da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

No Brasil o controle e a vigilância da qualidade da água para o consumo humano, bem como, os padrões de potabilidade foram estabelecidos pela FUNASA (Fundação Nacional de Saúde) de acordo com a Portaria n.º 1.469 do Ministério da Saúde de 29 de dezembro de 2000.

A Portaria n.º 1469/2000, estabelece em seus capítulos e artigos, as responsabilidades por parte de quem produz a água, no caso os serviços de abastecimento coletivo e as normas de qualidade da água para o consumo humano, que seguem:

- os deveres e responsabilidades por parte de quem produz água;
- os padrões de potabilidade;
- os planos de amostragem;

- as exigências aos sistemas e soluções alternativas<sup>11</sup> de abastecimento de água; e,
- as penalidades aos responsáveis pela operação dos sistemas de abastecimento de água, que não observarem as determinações que constam na referida Portaria.

O estado do Rio Grande do Sul em sua Constituição Estadual (1989), Lei 10.350, de 30 de dezembro de 1994, Artigo 171 – instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos que encontra-se integrado ao Sistema Nacional de Gerenciamento desses recursos.

A Política Estadual de Recursos Hídricos apresenta os seguintes princípios básicos para o aproveitamento das águas superficiais e subterrâneas, priorizando o abastecimento das populações:

- todas as utilizações dos recursos hídricos que afetam sua disponibilidade qualitativa ou quantitativa, ressalva aquelas de caráter individual, para a satisfação de necessidades básicas da vida, ficam sujeitas à prévia aprovação pelo Estado;
- a gestão dos recursos hídricos pelo Estado processar-se-á no quadro do ordenamento, visando à compatibilização do desenvolvimento econômico e social com a proteção do meio ambiente;
- os benefícios e os custos da utilização da água devem ser eqüitativamente repartidos através de uma gestão estatal que reflita a complexidade de interesses e as possibilidades regionais, mediante o estabelecimento de instâncias de participação dos indivíduos e das comunidades afetadas;
- as diversas utilizações das águas serão cobradas, com a finalidade de gerar recursos para as realizações das intervenções necessárias à utilização e a proteção dos recursos hídricos e para incentivar a correta utilização da água;
- é dever primordial do Estado oferecer a sociedade periodicamente para conhecimento, exame e debate, relatórios sobre o estado quantitativo e qualitativo dos recursos hídrico;

---

<sup>11</sup> Soluções alternativas incluem os poços tubulares, os poços escavados, as nascentes, as cacimbas, fontes drenadas. Nota do orientador do trabalho.

- o sistema de recursos hídricos no Rio Grande do Sul possui como integrantes: O Conselho de Recursos Hídricos, o Departamento de Recursos Hídricos, os Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica e as Agências de Região Hidrográfica.

A partir da Lei Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul, vem-se implementando o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recurso Hídricos (SERH), nas 25 bacias hidrográficas do Estado SEMA (2005), através da criação do Comitê de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas, da gradativa implementação dos instrumentos de planejamento e da gestão, de acordo com o que prevê a referida Lei.

O estado do Rio Grande do Sul tem efetuado uma reorganização do setor ambiental, através da criação e implantação do Código Estadual do Meio Ambiente, de acordo com a Lei 11.520, de 03 de agosto de 2000. O Código trás em seus 246 artigos uma série de assuntos relacionados à questão ambiental no Estado, sintetizado em uma única lei.

A Lei 11.520, Título IV, Capítulo 1, Art. 121, expõem a preocupação do Estado em proteger as águas superficiais e subterrâneas contra ações que possam comprometer seu uso sustentável, com o propósito de melhoria gradativa da qualidade das águas que hoje se encontram degradadas.

O Código Estadual do Meio Ambiente vem auxiliar no controle da utilização racional das águas superficiais e subterrâneas assegurando como prioridade principal o abastecimento das populações humanas e permitindo a continuidade e o desenvolvimento das atividades econômicas no Estado.

No Art. 134, alinha 5ª - os municípios deverão manter seu próprio cadastro atualizado de poços profundos e de poços rasos perfurados sob sua responsabilidade ou interveniência direta ou indireta. Com base em informações da Secretaria de Gestão Ambiental do Município de Santa Maria este cadastro não foi executado. De acordo com dados da CPRM/SIAGAS (2005) estão cadastrados no Município de Santa Maria cerca 194 poços. Os dados do IBGE (2000) evidenciaram que no Município existem mais de 6.000 usuários de fontes alternativas. Esta pesquisa traz novos dados aos já apresentados por Fachin (2003), Garcia (2004), Dutra (2000) e Osório (2005).

A utilização das águas superficiais ou subterrâneas implica no respeito às leis, pois sua proteção constitui-se numa obrigação jurídica para a sociedade que a utiliza. Esta questão não deve ser de forma alguma ignorada pelos homens ou pelo próprio Estado.

No Brasil muito já se tem feito em relação a elaboração de leis e normas para garantia dos direitos e deveres que regem sobre os usos e proteção da qualidades das águas subterrâneas, mas as medidas necessitam ser implementadas de forma rápida, pois o uso racional dos recursos hídricos é fundamental para o desenvolvimento equilibrado de nosso país.

### **3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O presente estudo desenvolveu-se no município de Santa Maria/RS, localizado entre as coordenadas 29°26'32" a 30° 00'19" de latitude Sul e 53°35'49" a 54°19'32" de longitude Oeste do meridiano de Greenwich, o qual está situado ao centro do estado do Rio Grande do Sul, Figura 1.

A formação dos municípios no Rio Grande do Sul está intimamente ligada à história de sua ocupação, pois a partir das sesmarias e dos núcleos açorianos, inaugurou o processo de divisão do seu território em áreas administrativas.

O município de Santa Maria foi emancipado politicamente no dia 17 de maio de 1858, quando foi instalada sua Câmara Municipal, concretizando seu desmembramento do município de Cachoeira do Sul.

Devido a sua formação histórica, o município possui uma grande diversidade cultural, pois em sua formação étnica destaca-se a presença de descendentes de povos indígenas, negros e europeus.

Santa Maria apresentava uma população de 243.396 mil habitantes (IBGE, 2000), representando cerca de 2,39% do total da população do estado do Rio Grande do Sul, e uma área de aproximadamente 1.823 km<sup>2</sup>, sendo seu perímetro urbano de 122 km<sup>2</sup>, IBGE (2004).

O município de Santa Maria limita-se ao Norte com Itaara, Júlio de Castilhos e São Martinho da Serra, ao Sul com São Gabriel e São Sepé, a Leste com os municípios de Silveira Martins, Restinga Seca e Formigueiro, já a Oeste com São Pedro do Sul e Dilermando de Aguiar.

A exemplo do que ocorre no estado do Rio Grande do Sul e no Brasil, o município de Santa Maria, possui uma matriz de transportes baseada no eixo rodoviário. Sendo que o acesso a este se dá principalmente através das: BR 158, BR 392, RST 287, RS 509 e estradas vicinais de menor fluxo.

O transporte ferroviário é atualmente pouco utilizado no município, possuindo uma linha férrea que o atravessa no sentido leste-oeste, utilizado apenas para o

transporte de cargas, fazendo parte do principal eixo ferroviário do estado representado por Porto Alegre – Cacequi.

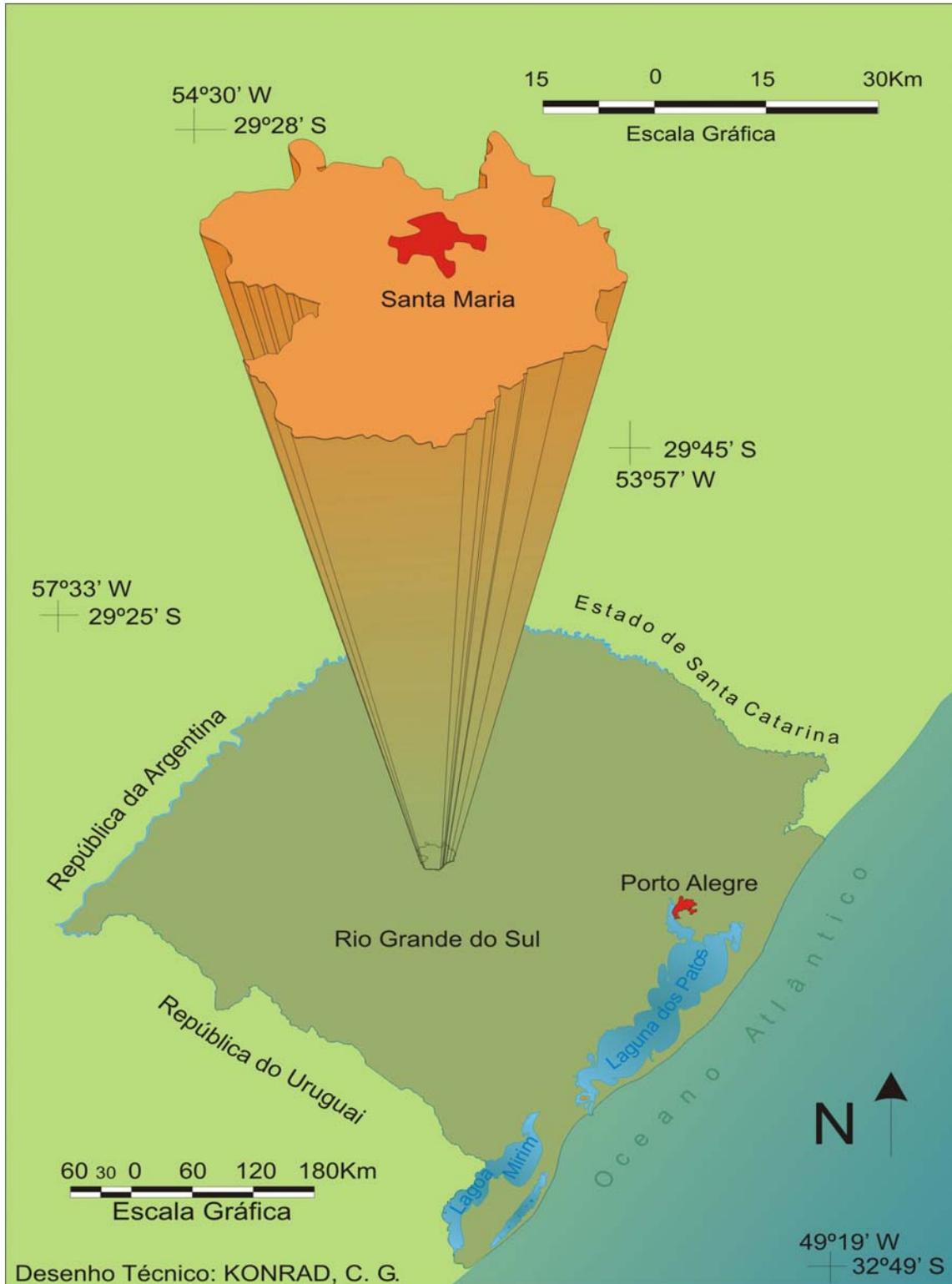


Figura 1: Localização Geográfica do município de Santa Maria-RS

Org: Fachin, E. F. 2005.

Sua produção econômica tem como base o setor terciário, representado pelo comércio e a prestação de serviços, com relevância às atividades médico-hospitalares e educacionais, as quais são ressaltadas devido à sua polarização regional e ao grande número de funcionários públicos, decorrente da presença da Universidade Federal de Santa Maria e de um número significativo de quartéis do exército brasileiro e da aeronáutica.

A indústria no município de Santa Maria é pouco significativa, sendo representada por indústrias de pequeno e médio porte, voltadas principalmente para o atendimento de necessidades do setor primário, mobiliário, calçados, laticínios e bebidas.

O município de Santa Maria possui um distrito industrial localizado no setor oeste onde se encontram instalada uma indústria alimentícia, 1 indústria de Alvejante e uma fábrica de baterias. O município possui 3 indústrias de bebidas as quais utilizam águas de poços para o desenvolvimento de suas atividades.

De acordo com o censo do IBGE (2000) estima-se para o município de Santa Maria uma frota de cerca de 112.330 veículos, que são abastecidos por 39 postos de combustíveis instalados na cidade e lava-rápido representando pontos potenciais de contaminação.

Segundo cadastro apresentado por Garcia (2004), existe 6 cemitérios localizados em área urbana ou de expansão urbana o que também representam pontos potenciais de contaminação.

O município ainda conta com uma rede de hotéis, alguns são abastecidos completamente ou parcialmente por poços tubulares, escolas particulares, escolas públicas e ainda alguns clubes os quais utilizam água para subterrânea para o desempenho de suas atividades. Alguns clubes fazem uso das águas subterrâneas para a lavagem e abastecimento de piscinas.

Encontramos instaladas no município de Santa Maria, faculdades e Universidades. Dentre as Universidades e Faculdades existem implantadas no município a Universidade Federal de Santa Maria, que em seu campus de Camobi é abastecida por cerca de 22 poços tubulares (Moreira, 2005).

Santa Maria possui como um dos principais usos das águas subterrâneas o abastecimento doméstico, mas devido à diversidade de atividades econômicas desenvolvidas no município pode-se encontrar também a utilização das águas subterrâneas no abastecimento rural, dessedentação animal, na indústria, nas atividades de lazer e na lavoura irrigada de arroz.

A estrutura fundiária no município apresenta propriedades com médias e pequenas unidades de produção. Destacando-se no setor primário, o cultivo de arroz, soja, feijão, mandioca, batata inglesa, uva, tomate e a criação de suínos, bovinos, aves e a produção de leite, (Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, 2002).

Santa Maria apresenta um quadro diferenciado quanto aos indicadores sociais, no comparativo com os demais municípios da região central do Estado, destacando-se uma expectativa média de vida ao nascer de 72-74 anos e taxa de mortalidade infantil entre 10,01 e 15,00 óbitos por cada mil nascidos vivos. (Secretaria Estadual de Saúde/Coordenadoria de Informações em Saúde RS) apud Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, (2002).

O rendimento mensal das pessoas com rendimento, responsáveis por domicílios em 2000, também põem o município em destaque na região central, pois é o único a apresentar valores de 800 a 1.499 reais por domicílio, ficando inclusive acima da média gaúcha que é de 799,85 reais. (Senso Demográfico, 2000. Secretaria de Coordenação e Planejamento-SCP/Departamento de Recursos Humanos-DDRU) apud Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, (2002).

Devido a sua posição geográfica, o clima do município é influenciado pelas massas de ar oriundas da região polar e da área tropical continental e Atlântica, sendo que a movimentação e os encontros destas massas definem muitas de nossas características climáticas.

De acordo com a classificação de KÖPPEN, o clima no município de Santa Maria, enquadra-se no tipo Cfa, clima subtropical úmido com chuvas bem distribuídas o ano inteiro e verões quentes, (CPRM, 1994).

As temperaturas apresentam grande variação sazonal, com verões quentes, com temperatura média de 24°C, e invernos bastante rigorosos, com a ocorrência de geadas. As temperaturas médias variam entre 13°C e 15°C, com umidade relativa

média anual de 72%, alcançando os valores mínimos no trimestre de dezembro a fevereiro atingindo 64% de umidade relativa do ar.

Com relação às precipitações, o município apresenta uma distribuição relativamente equilibrada das chuvas ao longo de todo ano. Em decorrência das massas de ar que penetram no Estado e as condições de relevo da área.

A precipitação média anual é de 1.769 mm, sendo que os meses de maio a setembro são os mais chuvosos, enquanto que novembro e dezembro apresentam caráter mais seco. A insolação superficial é baixa em relação ao restante do Estado, alcançando valores de 2.200 horas anuais de duração, registrando o menor valor no mês de junho, com apenas 133 horas, (CPRM 1994).

Pela análise do balanço hídrico, estima-se para a região uma evapotranspiração real de 836 mm, equivalente a 47% da precipitação média, sendo os aquíferos alimentados no intervalo de abril a setembro, havendo uma diminuição no nível freático no período de outubro a março, (CPRM, 1994).

O clima dominante sofre a influência das massas e frentes polares e, mais esporadicamente, por frentes quentes vindas do Oceano Atlântico, sendo que as frentes de massas polares são responsáveis pelas baixas temperaturas e chuvas frontais, (PERREIRA et al., 1989. apud SPIAZZI 2003).

A vegetação da região é composta pela Floresta Subcaducifólia, no Rebordo do Planalto, e pelos Campos em áreas da Depressão Periférica. Ainda encontra-se no município a presença de vegetação nativa ao longo de alguns cursos d'água, matas de eucaliptos e pinos plantados, matas galerias e vegetação ribeirinha, (MOREIRA e COSTA, 1995).

Santa Maria abrange áreas da Depressão Periférica, formada por rochas sedimentares, apresentando baixas altitudes e áreas do Rebordo do Planalto Vulcânico, formado por rochas basálticas decorrentes de derrames de lava, ocorrido na Era Mesozóica, onde se encontram as terras mais elevadas do município.

Com base na Carta Geotécnica de Santa Maria, (Maciel Filho, 1990), as seqüências Geológicas que aparecem na área de estudo que se assenta sobre a Depressão Periférica, correspondem à Formação Santa Maria, (Membro Alemoa) composta por siltitos argilosos e níveis esbranquisados de concreções calcáreas e, o

Membro Passo das Tropas, que se constitui de arenitos feldspáticos grosseiros seguidos de siltitos arenosos, arenitos finos e siltitos laminados sendo o melhor aquífero, a Formação Caturrita apresenta arenitos médios e finos intercalados com siltitos vermelhos e a Formação Rosário do Sul composta por arenitos finos, com concreções carbonáticas, segundo Silvério da Silva et al. (2000) oferecendo baixas vazões e águas localmente salobras.

Na porção do município situada em áreas do Rebordo do Planalto encontra-se a Formação Serra Geral – Seqüência Superior composta por rochas vulcânicas ácidas e Seqüência Inferior apresentando rochas vulcânicas com características básicas. Ao longo dos rios Cadena e Vacacaí-Mirim encontram-se aluviões, representados por sedimentos atuais, formados por cascalhos, areias, silte e argilas fluviais, MACIEL FILHO (1990).

O comportamento hidrogeológico se dá de forma diferenciada em cada uma das Formações Geológicas, assim para a área em estudo ressaltamos na Formação Rosário do Sul uma permeabilidade moderada a baixa, com aquíferos de baixa produção, podendo ser explorado apenas por poços escavados, MACIEL FILHO (1990).

Segundo o mesmo autor, a Formação Santa Maria – Membro Passo das Tropas, apresenta alta permeabilidade e seus aquíferos podem ser encontrados livres ou confinados, em Santa Maria este aquífero é o mais explorado, pois é onde se localizam a maioria dos poços tubulares, MACIEL FILHO (1990).

A Formação Caturrita apresenta um comportamento hidrogeológico diferenciado em cada uma de suas fácies, em locais de predomínio de fácies arenosas, a permeabilidade é alta a moderada, onde ocorrem fácies siltico-argilosas, forma aquíferos com baixa permeabilidade, MACIEL FILHO (1990).

Na Formação Serra Geral a permeabilidade se dá de forma fissural, a água circula apenas através das fraturas das rochas, estes aquíferos possuem pouca capacidade de armazenamento, limitada aos espaços fraturados entre os blocos de rochas, MACIEL FILHO (1990).

Os solos presentes na área variam de acordo com a base geológica, e podem ser classificados como: Podzólico Bruno Acinzentado; Planossólico álico e distrofico;

Vermelho-amarelo álico; Planossolo Eutrófico, associações complexas de solos litólicos eutróficos e associações complexas de solos litólicos eutróficos com cambissolos e brunizem. (CPRM, 1994).

De acordo com a classificação das Bacias e Províncias Hidrogeológicas do Brasil realizada pela Associação Brasileira de águas Subterrâneas, (ABAS), a área de estudo pertence à Província Hidrogeológica do Paraná, Figura 2.

Esta província possui uma área equivalente a 1.000.000 km<sup>2</sup> e abrange oito Estados brasileiros: Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, São Paulo, Paraná, Goiás, Minas Gerais, Santa Catarina e Mato Grosso, (ABAS, 2003). Sita-se, por exemplo, as cidades de Ribeirão Preto no Estado de São Paulo, com uma população de mais de 500.000 habitantes, completamente abastecida por águas do SAG. No Estado do Rio Grande do Sul, mais de 62 cidades encontram-se em áreas de afloramento do SAG, na Depressão Periférica destaca-se: Santana do Livramento (com mais de 90.000 habitantes), Cacequi, Mata e São Pedro, todas abastecidas com água do SAG. BERRO (2005).

A Província Hidrogeológica do Paraná é considerada atualmente a mais importante do Brasil, em função de sua grande capacidade de armazenar e liberar enormes quantidades de água e se encontrar localizada próximo aos grandes centros urbanos e regiões mais prósperas do país, (ABAS, 2003).

As formações mais importantes desta província, do ponto hidrogeológico, são as Triássicas-Jurássicas e Cretáceas, as mesmas se encontram separadas por um pacote de grande extensão lateral. Os depósitos Triássicos-Jurássicos são responsáveis pela formação de um aquífero de dimensões continentais, denominado no Brasil de aquífero Botucatu. Salienta-se que esta Formação juntamente com a Formação Rosário do Sul compõe o Sistema Aquífero Guarani, envelopado pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

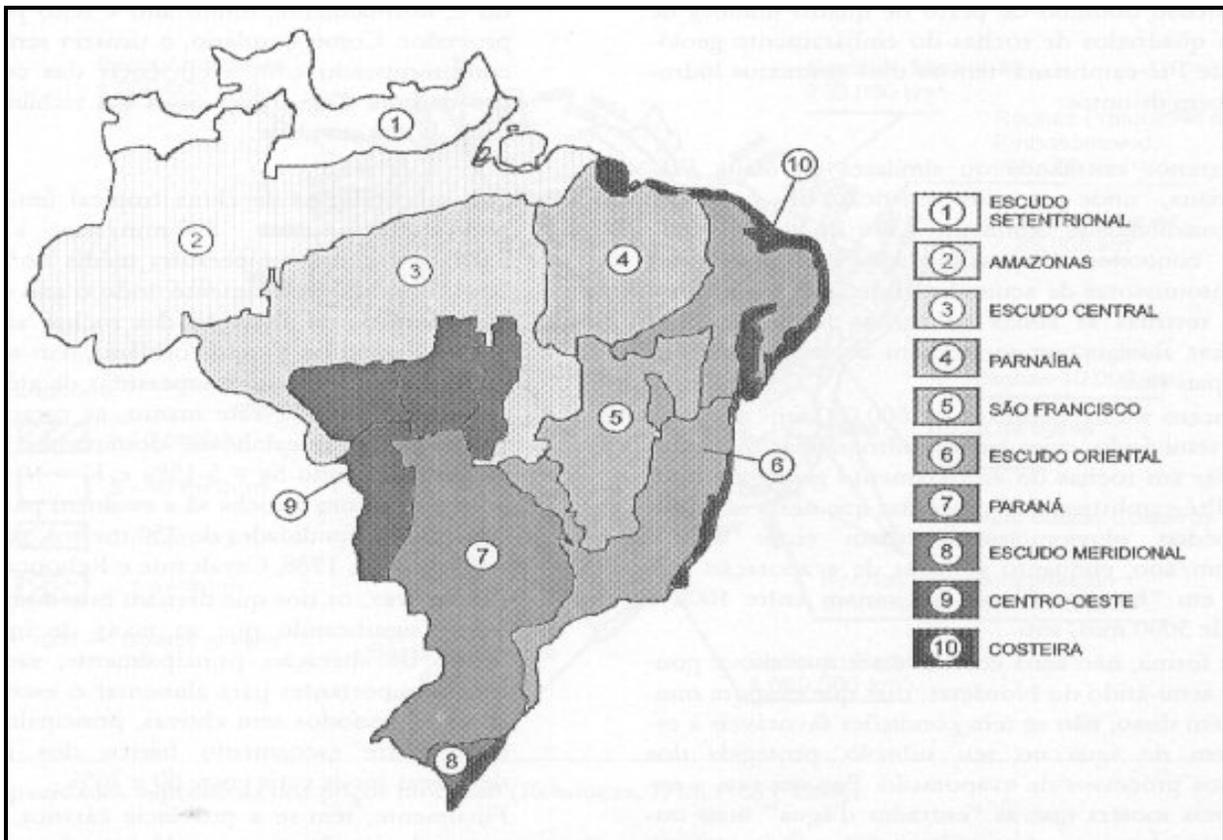


Figura 2: Bacias e Províncias Hidrogeológicas do Brasil.

Fonte: ABAS (2005).

Atualmente o estado Rio Grande de Sul vem implementando o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SERH), através da criação de Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas, os quais serão responsáveis pela implantação dos instrumentos de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

De acordo com a Legislação de Recursos Hídricos o Estado foi dividido em três grandes regiões hidrográficas que são: G- Região Hidrográfica do Guaíba; U- Região Hidrográfica do Uruguai; L- Região Hidrográfica do Litoral, estas porém subdividem-se em vinte e cinco (25) bacias hidrográficas Figura 3.

Parte do município de Santa Maria, de acordo com a divisão de Bacias e Regiões Hidrogeográficas, pertence a região hidrográfica do Guaíba e encontra-se inserido na Bacia Hidrográfica do Vacacaí e Vacacaí-Mirim, (G 60), (Pró-Guaíba, Sema, 2003).

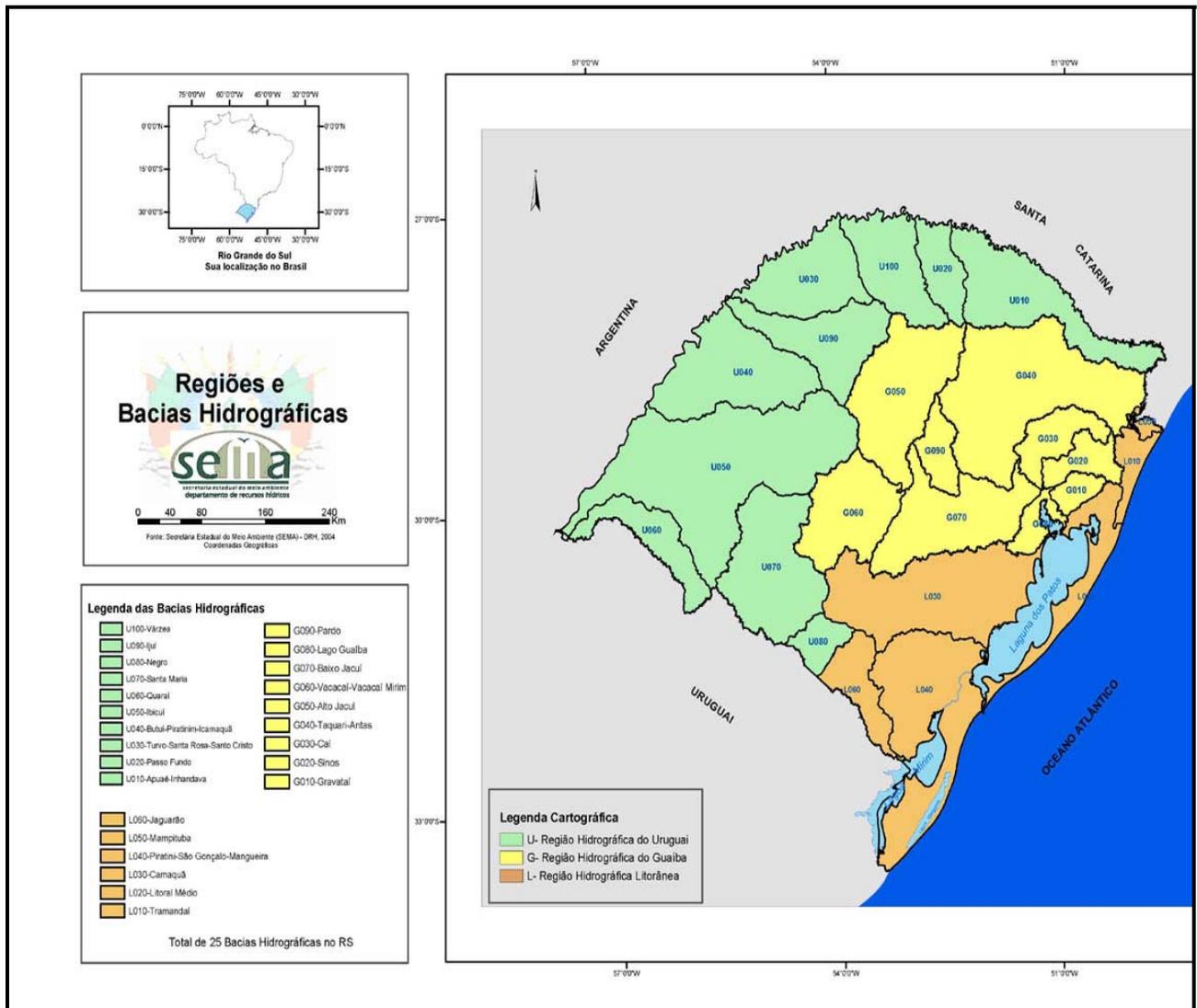


Figura 3: Regiões e Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul.

Fonte: Secretaria Estadual do Meio Ambiente- Departamento de Recursos Hídricos (2005).

A região hidrográfica do Guaíba apresenta vários problemas ambientais, resultantes na sua maioria, das formas de apropriação e uso que a sociedade faz dos recursos naturais.

Alguns dos problemas existentes são facilmente identificados por abranger grandes extensões territoriais ou por influenciarem diretamente nas condições de qualidade de vida de um grande número de habitantes em diferentes locais da região hidrogeográfica, outros, como o caso da poluição das águas subterrâneas, são mais difíceis de serem diagnosticados, pois ocorrem pontualmente.

Entre os principais problemas ambientais existentes no município de Santa Maria pode-se citar: o despejo de efluentes domésticos sem tratamento nos cursos de água; a produção de resíduos sólidos urbanos e seu manejo inadequado, principalmente em relação à disposição final; desmatamentos, alterações de cursos de água, remoção de camadas de solo; erosão do solo agrícola pela ausência de utilização de práticas adequadas de conservação; assoreamento de cursos de água; contaminação do solo e da água por agrotóxicos, insumos agroquímicos utilizados na lavoura orizícola e enchentes periódicas.

O município de Santa Maria apresenta significativa extração de águas subterrâneas com grande número de poços tubulares perfurados, sendo de extrema importância para o município que sejam tomadas providências para a amenização dos problemas ambientais que possam causar danos à qualidade das águas subterrâneas consumidas pela população.

Com relação a recarga dos aquíferos pode-se inferir que entre 1 a 3% da precipitação anual podem atingir os aquíferos profundos de acordo com Gregoroschuk (2001). Portanto estima-se que em torno de 18 a 54 mm/ano. Por outro lado Hausman (1995) estima valores de infiltração para os aquíferos profundos da ordem de 100 mm/ano.

Assim considerando que a área do município de Santa Maria de  $1823 \text{ km}^2 \times 0,000018 \text{ km} = 0,032814 \text{ km}^3$  ou equivalente a  $32.814.000 \text{ m}^3$  ou ainda  $32.814.000.000$  litros no mínimo até um máximo de  $1823 \text{ km}^2 \times 0,000054 \text{ km} = 0,098442 \text{ km}^3$  ou equivalente a  $98.442.000 \text{ m}^3$  ou ainda  $98.442.000.000$  litros. de recarga anual. Na avaliação de Hausman ter-se-ia  $1823 \text{ km}^2 \times 0,0001 \text{ km} = 0,1823 \text{ km}^3$  ou  $182.3000.000 \text{ m}^3$  ou ainda  $182.300.000.000$  litros.

## 4 METODOLOGIA

Para realização desta pesquisa inicialmente foram realizadas revisões bibliográficas referentes ao assunto a ser trabalho e, posteriormente se deu início a coleta de dados pré-existentes cadastrados pelo banco de dados da Companhia de Recursos Minerais SIAGAS/CPRM.

Os dados referentes aos poços subterrâneos do município obtidos através da CPRM a partir da *internet* no *site* <http://www.cprm.gov.br>, permitiram a montagem de planilhas a partir do aplicativo excel contendo os seguintes parâmetros: sigla e numeração do poço - 43000000\_\_ dez números-43 representa o Estado do Rio Grande do Sul, coordenada geográfica, altitude (m), profundidade do poço (m), vazão (m<sup>3</sup>/h), nível estático (m), tipo de aquífero (livre, confinado, outros), tipo de poço, litologia, usos das águas, sólidos totais dissolvidos (STD expresso em mg/L) e condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm) da água.

Os poços que não apresentavam informações referentes à altitude do ponto, esta foi tomada da carta topográfica de Santa Maria, SH.22-V-1; MI-2965/1 escala 1:25.000, edição de 1971 e 1980, elaborada pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG).

A superfície potenciométrica dos poços tubulares de Santa Maria foi calculada a partir da diferença entre a altitude do terreno onde se localiza o poço e o nível estático do poço e posteriormente espacializadas nos cartogramas. Esta representa o peso da coluna de água sobre o datum vertical e indica a direção do fluxo subterrâneo.

As coordenadas geográficas dos poços foram convertidas em UTM, (Universal Transversa de Mercator), datum SAD 69, a partir do uso do programa CR-TPO 6.0 do Laboratório de Geomática. Esta conversão foi necessária para posterior confecção dos cartogramas. Buscando-se complementar estas informações foram realizadas coletas de dados no terreno, com o uso do *Global Position System* (GPS), tendo com Datum Vertical – Imbituba – Santa Catarina e Datum Horizontal – SAD 69 – Minas Gerais,

tendo origem da quilometragem UTM, Equador e Meridiano 51º WGR, acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

Em alguns pontos visitados tais como postos de combustíveis, complementou-se o cadastro executado por Garcia (2004) para a Folha de Santa Maria. Foram visitados alguns lava-rápidos buscando-se identificar o uso das águas subterrâneas através do bombeamento por poços tubulares e a existência de caixas separadoras de resíduos (óleos + graxas).

Foram avaliados em campo a condutividade elétrica com o uso do condutímetro Hanna HI 93000, expressando-se a concentração em ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) microSiemens/cm, o qual avalia a concentração total de sólidos na água.

Mediu-se com a sonda multiparâmetros Horiba D-55 o pH e a quantidade de oxigênio dissolvidos (OD expresso em mg/L), avaliou-se também a temperatura da água, quando de obtinha uma torneira diretamente do poço, sem interferência de caixas d'água e a temperatura do ar com o uso de termômetro em graus centígrados no momento da coleta da água.

Utilizou-se as cartas geológicas das Folhas de Santa Maria e Camobi na escala de 1:50.000, executadas por Gasparetto et al. Departamento de Geociências/UFSM, 1990 e a carta geotécnica do Município de Santa Maria na escala de 1:25.000 de Maciel Filho (1990).

Foram visitados quatro postos de combustíveis, três lava – rápido, três clubes, uma revendedora e um poço escavado, localizados no bairro Camobi para a análise da água dos poços utilizados por estes estabelecimentos de acordo com o (Anexo 4).

Para a determinação do risco de contaminação dos aquíferos no município de Santa Maria baseou-se na metodologia desenvolvida por FOSTER e HIRATA, 1993 e FOSTER e HIRATA et al. 2003.

O método desenvolvido pelos autores é denominado método *GOD*, devido as suas iniciais em inglês (*Groundwater Hydraulic Confinement*) e baseia-se em dados pré-existentes, através da interação entre dois fatores básicos: O grau de acessibilidade

hidráulica da zona saturada, e a capacidade de atenuação dos estratos encontrados acima da zona saturada.

O método *GOD* permite a avaliação da vulnerabilidade natural dos aquíferos e da carga poluidora, proveniente das atividades antrópicas que se dão em superfície, sendo que o cruzamento destes dados possibilita a caracterização preliminar das áreas de maior risco de contaminação das águas subterrâneas.

A caracterização da vulnerabilidade natural da área deu-se a partir de três parâmetros:

- G= grau de confinamento da água subterrânea;
- O= ocorrência da litologia geral da área, isto é, as rochas penetradas pela perfuração; e,
- D= Profundidade do nível estático, ou seja, o nível do lençol freático quando o poço está sem bombeamento.

A primeira fase consistiu na avaliação das condições das águas subterrâneas, ou seja, o grau de confinamento e/ou o tipo de ocorrência da água subterrânea, atribuiu-se uma escala de valores pré-estabelecidos pelo modelo (Figura 4), com intervalo de 0 a 1,0.

A segunda fase investigou a ocorrência das litologias da área penetrada - as características dos estratos encontrados acima da zona saturada, em termos de graus de consolidação e tipo litológico, com valores que variam de 0,4 – 1,0.

A terceira e última etapa que buscou analisar a profundidade do nível estático da água, atribuiu-se valores de 0,6 – 1,0. Podendo ser visualizado na Figura 4.

A partir da valoração destes três parâmetros, fez-se o produto entre eles obtendo-se as classes de índice de vulnerabilidade: 0 – 0,1 desprezível; entre 0,1 – 0,3 baixa; entre 0,3 – 0,5 média; de 0,5 – 0,7 alta e entre 0,7 – 1,0 a classe extrema.

Para determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas, além do índice da vulnerabilidade dos aquíferos necessitou-se de mapeamento dos pontos de interesse e da avaliação dos pontos potenciais de contaminação existentes na área de estudo principalmente postos de combustíveis e lava-rápido.

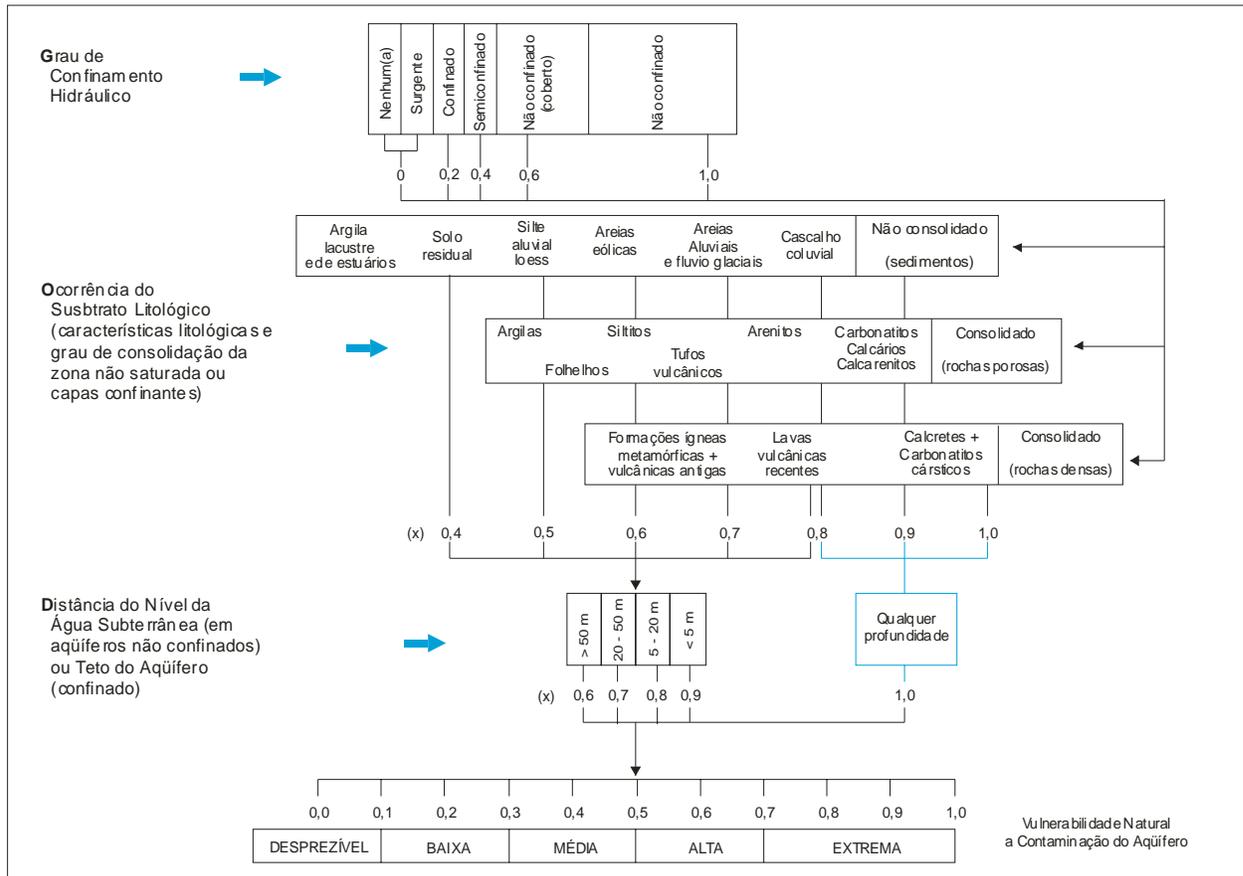


Figura 4: Sistema de avaliação do índice de vulnerabilidade natural.  
Fonte: FOSTER et al. 2003.

Buscou-se através de saídas de campo, um levantamento dos postos de combustíveis localizados no município de Santa Maria, sendo estes classificados por Foster et al. (2003), como fontes potenciais de poluição que posteriormente foram espacializados em cartogramas.

As variáveis necessárias para a aplicação do modelo, G= tipo de aquífero, O= ocorrência litológica e D= profundidade da água foram coletadas em bancos de dados preexistentes da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, (CPRM), totalizando

um número de 194 poços cadastrados para o município de Santa Maria. Informa-se que somente 171 poços apresentaram todas as informações necessárias para a simulação.

Para espacialização dos dados elaborou-se cartogramas de isovalores através do uso do programa Surfer 8, a partir das tabelas excel contendo três colunas de informações, coordenadas N (coluna X), coordenadas E (coluna y), e a terceira coluna com o parâmetros a ser espacializados (coluna Z).

Os cartogramas gerados no programa *Surfer 8* foram transformados em figuras (extensão .jpg) e posteriormente inseridos no trabalho para análise das informações espacializados. Utilizou-se o interpolado *krigagem* para a confecção dos cartogramas *Surfer 8*.

Para a obtenção da concentração de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) utilizou-se como fator de conversão o valor 0,65 sugerido por Feitosa e Manuel Filho (1997). Onde toma-se o valor da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e multiplica-se pelo valor 0,65 obtendo-se a concentração em mg/L. Com base neste valor e utilizando-se a Portaria 1469/2000 e a 357/2005 classificou-se a água em : doce até 500 mg/L; salobra de 500 – 3.000 mg/L e salina superior a 3.000 mg/L.

Elaborou-se cartogramas da profundidade do nível estático, buscando-se inferir áreas de maior risco potencial a partir da contaminação da superfície, e também as concentrações de sólidos totais dissolvidos, a vazão dos poços, o índice de vulnerabilidade incluindo-se os pontos potenciais de contaminação e a superfície potenciométrica.

## 5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No decorrer do desenvolvimento desta pesquisa foram analisados 194 poços de água subterrânea cadastrados pela SIAGAS/CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), e 13 poços cadastrados em trabalho de campo no município de Santa Maria-RS.

Do total dos poços analisados identificou-se que, 171 são poços do tipo tubulares, assim classificados por possuírem um revestimento<sup>12</sup> com filtro, préfiltro<sup>13</sup>, moto-bomba e vedação retirando água diretamente da zona saturada, 17 são poços escavados<sup>14</sup>, 5 nascente<sup>15</sup> e um poço coletor. Cabe ressaltar que os poços escavados são mais populares e baratos, apesar de serem muito sensíveis a poluição, por captarem água da parte superficial do aquífero.

Em relação aos usos das águas subterrâneas no município de Santa Maria ressalta-se um número de 127 poços destinados ao abastecimento doméstico, 25 poços ao abastecimento urbano, 21 poços utilizados para irrigação e 13 poços utilizados para as atividades industriais. Destaca-se ainda, um número de 8 poços utilizados em atividades de lazer, principalmente em Clubes Recreativos para no abastecimento de piscinas, conforme a Figura 5.

---

<sup>12</sup> REVESTIMENTO (Gravel Pack) é o meio poroso artificial posto no espaço anelar entre a parede do poço e a do filtro, visando segurar o material do aquífero e diminuir a velocidade da água de acesso ao filtro. É o Maciço Filtrante . WREGGE 2004 (ABAS).

<sup>13</sup> PERIFILTRO (Casing) é o tubo não-perfurado que tem a função de: segurar as paredes do poço; isolar camadas indesejadas; dar acesso ao aquífero; segurar o filtro. WREGGE 2004 (ABAS)

<sup>14</sup> POÇO ESCAVADO: Poço raso escavado manualmente, de diâmetro grande. (ZIMBRES, 2003)

<sup>15</sup> NASCENTE: Quando o fluxo da água subterrânea intercepta a superfície do terreno, formando uma nascente, em geral sua formação é condicionada pela existência de uma interface entre o nível freático de um corpo permeável (aquífero) e a superfície topográfica. Em terrenos ígneos e metamórficos encontram-se geralmente associadas a fraturas portadoras de água e interceptadas pelo relevo (ZIMBRES, 2003).

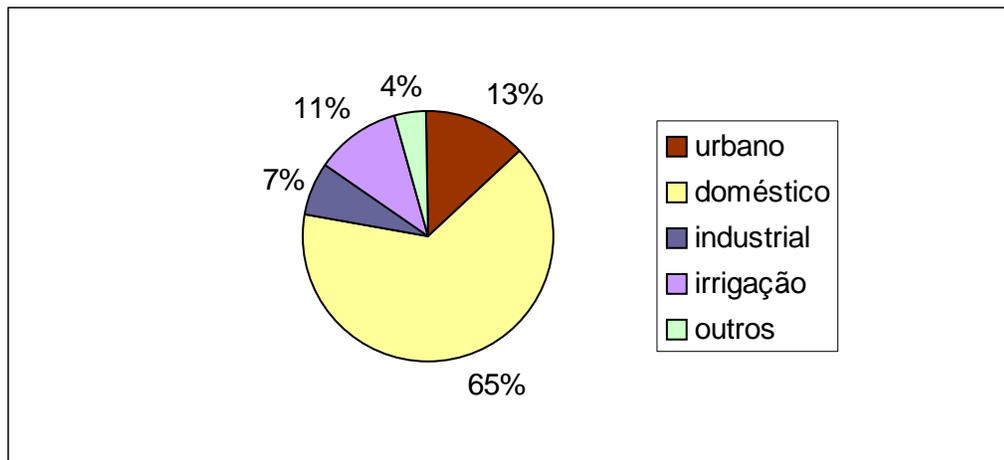


Figura 5: Usos das águas subterrâneas no município de Santa Maria-RS  
Elaboração.: Fachin, E. F., 2005.

Pode-se inferir para o município de Santa Maria a partir da análise da Figura 5, um predomínio da utilização das águas subterrâneas no abastecimento doméstico, (65%), seguido pelo uso urbano (13%). Observa-se desta forma, um grande aproveitamento das águas subterrâneas para o consumo humano sendo que, isto se deve ao fato das águas subterrâneas do município apresentarem características físico-química dentro dos padrões estabelecidos pela OMS (Organização Mundial da Saúde) para o consumo humano. (FACHIN, 2003).

De acordo com a informação -proprietário do poço (Anexo 1), verifica-se que as instituições públicas instaladas no município de Santa Maria utilizam água subterrânea, onde pode-se destacar: a Base Aérea de Santa Maria (4 poços); a Universidade Federal de Santa Maria (5 poços); a Brigada Militar e Corpo de Bombeiros (3 poços); a Secretaria da Agricultura (3 poços); o Ministério do Exército de Santa Maria (4 poços); o Ministério de Transportes (1 poço); e 1 poço de propriedade da Prefeitura Municipal de Santa Maria.

Analisando-se o item referente aos proprietários dos poços cadastrados pela CPRM, observou-se ainda que 14 poços são de propriedade da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAM), os quais eram utilizados como complemento ao abastecimento urbano feito pela água da barragem do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), sendo que com a construção da nova barragem de Valdeserra, muitos destes poços foram desativados.

Os poços utilizados para irrigação no município de Santa Maria são utilizados como complemento às águas superficiais nas lavouras irrigadas de arroz do município e perfazem cerca de 21 poços, localizados no Arroio Vacacaí-Mirim no Bairro Camobi, no Distrito de Palma e Arroio Grande.

O município de Santa Maria apresenta uso das águas subterrâneas também no setor industrial, Engenhos de (2) poços, Metalúrgica (1) poço, Frigorífico e Matadouro (2) poços. Também pode-se citar no Município a presença de 1 indústria alimentícia, 3 indústrias de bebidas as quais utilizam águas de poços para o desenvolvimento de suas atividades e não se encontram cadastradas pela CPRM.

A análise dos dados referentes à profundidade de um poço pode ser significativa, visto que, esta interfere nas condições de vulnerabilidade da água, pois poços com pouca profundidade podem ter suas águas mais facilmente atingidas por substâncias poluidoras oriundas da superfície.

A profundidade dos poços em Santa Maria foi um dos itens analisados neste trabalho e, esta refere-se a metragem da superfície até penetrar no aquífero mais produtivo, já que um poço tubular é constituído de várias entradas de água, como pode ser visualizado na Figura 6.

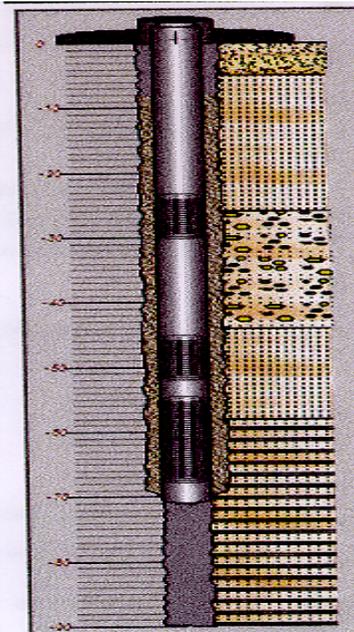


Figura 6: Perfil Geológico do poço 4300000597 cadastrado pela CPRM.  
Fonte: CPRM (SIAGAS <http://www.cprm.gov.br>); 2005.  
Org.: Fachin, E. F., 2005.

A Figura 6 ilustra o perfil geológico do poço – (4300000597), cadastrado pela CPRM, onde se observa a presença de três filtros colocados em determinadas secções do poço, com a finalidade de captar água do aquífero em material não consolidado, tal como a areia, sendo o mesmo totalmente revestido.

De acordo com a JOHNSON *Division* (1978, p. 157): “O filtro ou tela permite que a água contida na área saturada flua livremente para o poço, impedindo ao mesmo tempo que a areia penetre no mesmo”.

Os poços tubulares cadastrados apresentam dados de profundidade que variam de 30 a 293 metros, enquanto os poços escavados apresentam uma variação da profundidade entre 4 a 25 metros. Cabe ressaltar que os poços escavados muitas vezes não apresentam nenhum tipo de proteção lateral, e, devido a pouca profundidade em que se encontram suas águas, estes podem ser uma porta de entrada de contaminantes, atingindo com facilidade o lençol de água subterrâneo, principalmente a partir de fossas negras, excrementos de animais e/ou agroquímicos.

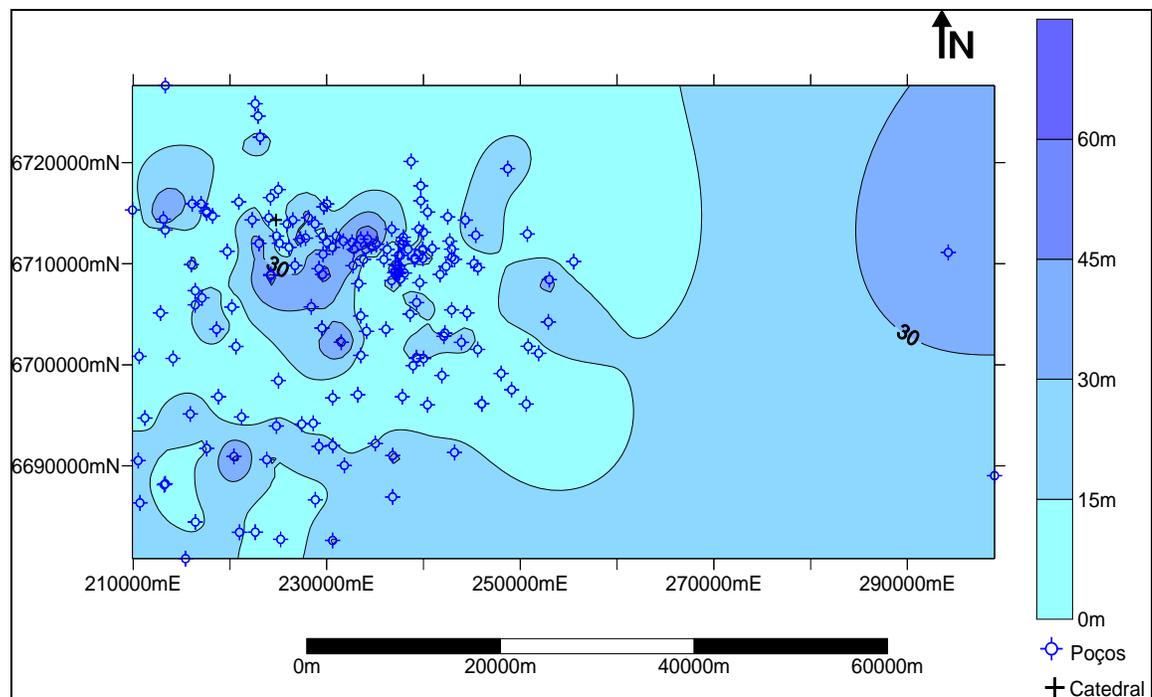
De acordo com os dados levantados no cadastro da CPRM, pode-se observar que todos os poços (194) possuem dados de profundidade, destes 49 poços (25%) apresentam profundidades entre 0 e 60 metros, 110 poços (62%) apresentam profundidade entre 60 a 120 metros, 26 poços (13%) com profundidades entre 120 a 180 metros e, apenas 9 poços (4%) com profundidade acima de 180 metros.

Através dos dados referentes a profundidade dos poços do município de Santa Maria, percebe-se que a maior parte (62%) apresenta profundidade considerável, desta forma pode-se inferir que para o item relacionado a profundidade dos poços, o aquífero encontra-se aparentemente protegido dos contaminantes oriundos da superfície.

Os poços cadastrados no desenvolvimento deste trabalho foram plotados através do programa Surfer 8, bem como alguns parâmetros hidrodinâmicos dos poços como: nível estático, sólidos totais dissolvidos (STD), vazão, índice de vulnerabilidade e a superfície potenciométrica a qual possibilita a indicação da direção do fluxo subterrâneo, para posterior análise.

Para melhor visualização das informações espacializadas nos cartogramas, plotou-se um ponto de referência, representado pela Catedral Diocesana de Santa Maria (identificado pela cruz preta), localizada na porção central do município, em frente ao marco Topográfico do Exército (RN 2-31-2), com as coordenadas UTM 227832 E e 6.712741 N, e cota altimétrica de 149,47 metros sendo este o ponto mais elevado da área urbana do município.

O primeiro parâmetro hidrodinâmico espacializado refere-se ao nível estático dos poços, o qual se caracteriza pelo nível em que se encontra a água de um poço que não está sendo bombeado, ou seja, em repouso. Nos aquíferos livres, este coincide com o nível freático<sup>16</sup>, os valores do nível estático dos 173 poços cadastrados pela CPRM no município de Santa Maria foram espacializados de acordo com a Figura 7.



**Figura 7: Distribuição espacial dos 173 poços e nível estático no município de Santa Maria-RS.**

**Elaboração.: Fachin, E. F., 2005.**

<sup>16</sup> Nível Freático: Profundidade em que se encontra a superfície do lençol freático. Em linhas gerais, o nível freático acompanha, aproximadamente, a topografia do terreno. (ZIMBRES, 2003).

Pode-se observar a partir da Figura 7 a distribuição dos poços no setor Centro-oeste da figura, com maior concentração destes próximos a catedral Diocesana, coincidindo com a área central do município de Santa Maria.

Nesta figura observa-se que a faixa de variação do nível estático dos poços foi de 0 a 70 metros. De acordo com a metodologia desenvolvida por Foster et al. (2003), ilustrada pela Figura 4, os poços com nível estáticos entre 0 e 5 metros recebem nota máxima para este item (0,9) pois estão mais suscetíveis as contaminações a partir da superfície, e também por estarem relacionados a aquíferos não-confinados ou livres = freáticos ou ainda associados a aquíferos semiconfinados, quando suas camadas confinantes são delgadas ou permeáveis.

Os poços que apresentaram pequena profundidade do nível estático encontram-se localizados nas áreas de tonalidade azul claro da figura, coincidindo com áreas próximas ao centro urbano do município, onde estão implantados os bairros Chácara das Flores, Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, João Goulart, Vila Tomazetti e Cerrito e algumas vilas da cidade. Salienta-se que muitas vezes não possuem rede de canalização de esgoto implantadas, oferecendo sérios riscos à contaminação das águas subterrâneas pela associação de dois fatores: pouca profundidade do lençol freático e a presença de carga contaminante sobre a superfície, representadas pelos esgotos domésticos e cloacais que acabam sendo depositados diretamente sobre a superfície do solo ou em pequenos córregos de água.

Observa-se a partir da Figura 7 que a área com maior relevância em termos de área superficial, apresenta valores de nível estático que variam de 15 a 30 metros, sendo representada pela segunda tonalidade de azul. Nestes locais o processo de contaminação das águas subterrâneas tende a ser mais lento já, que as águas subterrâneas encontram-se melhores protegidas pela presença da zona não saturada de maior espessura, levando anos ou até mesmo décadas, para que um contaminante da superfície possa atingir um poço em exploração. Se o poço tubular tiver selo sanitário e for totalmente revestido com tubulação em aço galvanizado ou PVC (geomecânico) o risco de contaminação é quase nulo.

Analisando-se ainda a Figura 7, constata-se que os poços localizados em pontos do setor Nordeste e do Centro-oeste (tonalidades mais escuras) incluindo a área central

do município, junto a catedral diocesana, apresentam maiores profundidades do nível estático (superiores a 30 metros).

De acordo com a metodologia utilizada neste trabalho, os locais que apresentam maiores profundidades do nível estático oferecem maior proteção às águas subterrâneas quanto à contaminação por fontes pontuais e/ou difusas para este parâmetro analisado. Salienta-se que na área central do município há uma canalização dos esgotos domésticos e cloacais, o que representa um risco menor de contaminação, caso ocorra alguma fuga, perda ou vazamento para o lençol freático.

Algumas características das águas subterrâneas podem afetar a sua qualidade, entre elas a condutividade elétrica, que indica a quantidade de íons dissolvidos na água com capacidade de conduzir corrente elétrica. Quanto maior a condutividade elétrica, mais mineralizada é a água, assim, a análise desta característica é um valioso indicador de sua qualidade, a partir de sua medida pode-se estimar o teor de sais dissolvidos (STD) presentes na água e assim classificá-la.

No município de Santa Maria, obteve-se 194 poços que apresentaram valores de condutividade elétrica das águas subterrâneas, sendo que destes 166 poços foram cadastrados pela CPRM (Anexo 1) e 13 poços, foram cadastrados em saídas de campo pela autora. Observa-se um intervalo de valores deste parâmetro variando entre 17 e 6.522  $\mu\text{S}/\text{cm}$  das águas avaliadas, as quais apresentaram uma temperatura inferior 25° C, o que sugere que o município de Santa Maria apresenta águas com uma grande variação de conteúdo de sais minerais.

Os valores de condutividade elétrica foram utilizados no cálculo para obtenção dos STD das águas subterrâneas do município de Santa Maria. De acordo com a Resolução n.º 357 de 17 de março de 2005, quanto a presença de STD, classificou-se as águas em doces, salobras e salinas; obtendo-se: 149 poços ou sejam (90%) destes apresentaram águas classificadas como doces; 19 poços (11,4%) apresentaram águas salobras e apenas 1 poço (0,6%) apresentou água salina (poço 4300000699, localizado na Colônia Santa Flora) pertencente a Formação Rosário do Sul, com concentração de sais em suspensão acima de 3.000 mg/L, o que pode estar associado a vários fatores hidrogeológicos, formar um aquífero confinado do local de acordo com CPRM (1994).

A partir da classificação das águas subterrâneas do município de Santa Maria, de acordo com os valores de STD, espacializou-se as diferentes classes de salinidade das águas de acordo com a Figura 8.

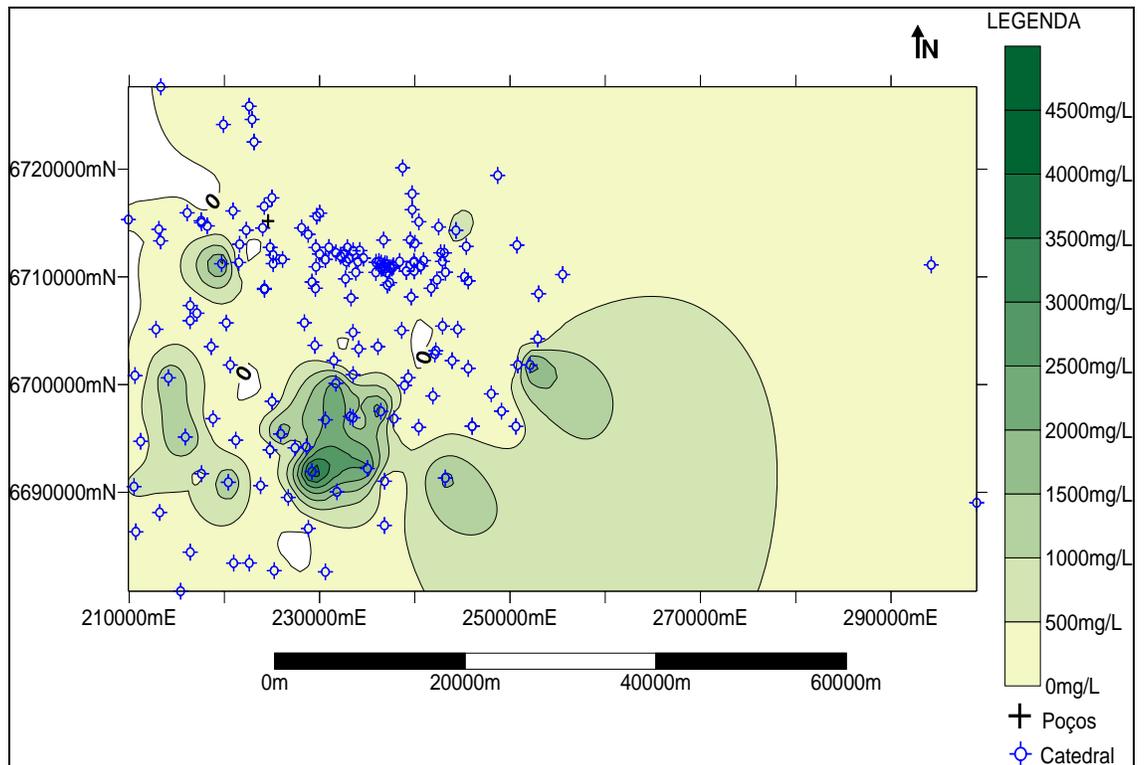


Figura 8: Distribuição espacial dos 166 poços e dos valores de sólidos totais dissolvidos no município de Santa Maria-RS

Elaboração.: Fachin, E. F., 2005.

A partir da análise da Figura 8, observa-se que prevalecem no município de Santa Maria áreas que apresentam águas subterrâneas classificadas como águas doces, podendo ser utilizadas para o consumo humano, sem danos a saúde. Os poços que apresentam águas doces encontram-se localizados em praticamente todos os setores desta figura, representados pela tonalidade amarela, com exceção do setor Centro-sul representado pelas tonalidades verdes.

As áreas que apresentam águas classificadas como salobras encontram-se espacializadas nas tonalidades de verde-claro, representadas na escala pelos

intervalos de 500 a 3.000 mg/L, tendo suas ocorrências limitadas ao setor Sul, Sudoeste e Sudeste da Figura 8.

Informa-se ainda que a maioria dos poços com águas classificadas como salobras, estão localizados na zona rural do município de Santa Maria, merecendo uma atenção especial por parte dos órgãos públicos, pois muitas vezes, por serem locais afastados do centro urbano, estes poços representam a única fonte de captação de água das famílias que lá vivem, remetendo-se a tomada de providências cabíveis para se evitar danos à saúde da população consumidora.

Ressalta-se que o poço que apresentou água classificada como salina, sendo esta imprópria para o consumo humano, encontra-se localizado no setor Sudoeste do município, representado na Figura 8 pela tonalidade verde escuro.

Outro item analisado neste trabalho refere-se à vazão dos poços, a qual pode ser definida como sendo o volume de água que passa na área perpendicular a direção do fluxo, num dado tempo; ocorrem em função do gradiente de potencial, (WREGG, 2004).

Dos 194 poços cadastrados pela CPRM, localizados na área de estudo, verificou-se que 188 poços apresentaram valores de vazão que variam de 0 a 120 m<sup>3</sup>/h, conforme ilustra a Figura 9. Observou-se que 12 poços apresentaram vazão zero m<sup>3</sup>/h, ou sejam, produzem menos do que 1.000 L/h, e portanto, representam valores de produção de água muito baixos.

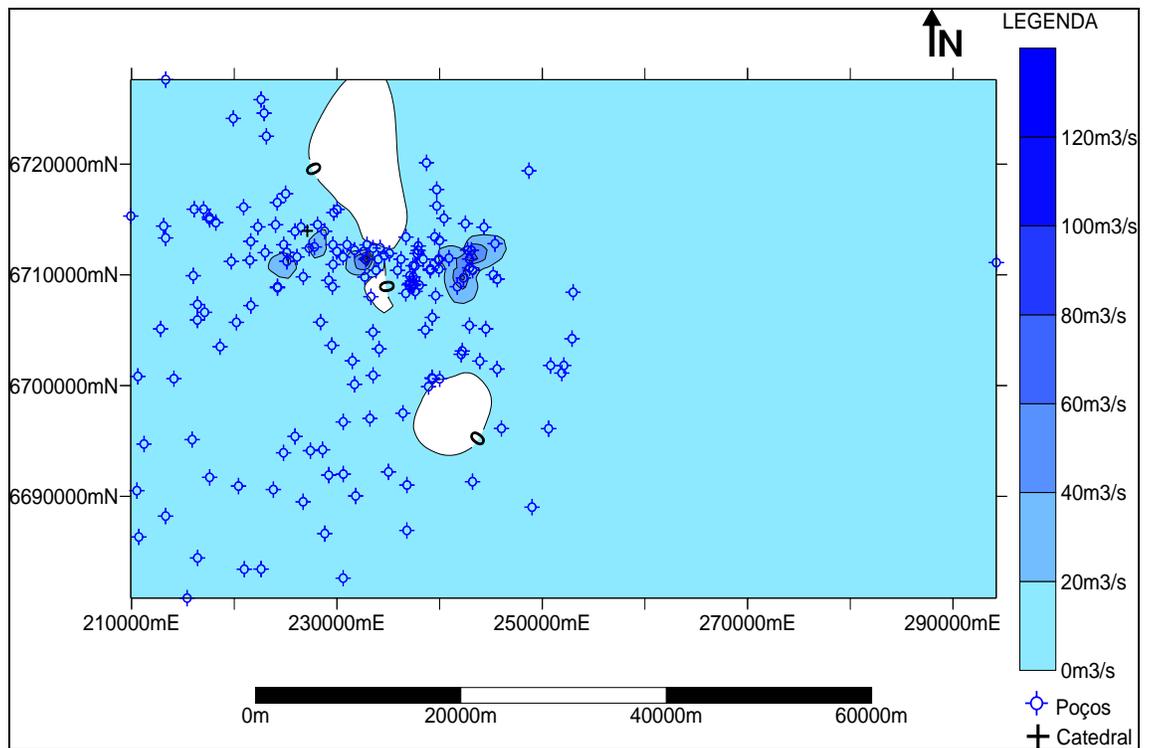


Figura 9: Distribuição espacial dos 188 poços e dos seus valores de vazão no município de Santa Maria-RS.

Elaboração.: Fachin, E. F., 2005.

Através da análise da Figura 9, observa-se que grande parte da área mapeada apresenta poços com vazão entre 0 e 20 m<sup>3</sup>/h, identificadas na figura pela tonalidade azul claro, perfazendo cerca de 175 poços ou sejam (90%) do total. As áreas identificadas nesta figura em tonalidade banca ocorrem porque não houve a interpolação de dados executados pelo programa nestes locais.

Os poços que apresentaram valores de vazão entre 20 e 120 m<sup>3</sup>/h estão concentrados em três pequenas áreas (com tonalidades mais escuras), localizados a Leste da Cathedral Diocesana ilustrados na Figura 9.

Ressalta-se que apenas dois poços cadastrados neste trabalho apresentaram vazões igual ou superior a 100 m<sup>3</sup>/h, sendo estes o poço n.º 10 pertencente ao Sr. Amauri V. Spoll (120 m<sup>3</sup>/h), utilizado para abastecimento doméstico, e o poço n.º 136 de propriedade do Sr. Wilson Figueira (100 m<sup>3</sup>/h) o qual é usado na irrigação de arroz,

localizados respectivamente no centro urbano do município de Santa Maria e no bairro Camobi (Vila Figuera) .

A partir das características litológicas, do tipo e grau de confinamento do aquífero e do nível estático dos poços, foi possível estabelecer o índice de vulnerabilidade natural dos poços subterrâneos. Para cada parâmetro analisado, foram atribuídos valores estabelecidos de acordo com a metodologia desenvolvida por Foster e Hirata (1993) e Foster et al. (2003), (Figura 4) conforme (Anexo 2).

De acordo com as características litológicas, levando-se em consideração o grau de consolidação do material existente na zona não saturada foram atribuídas as seguintes notas para estes parâmetros: para poços penetrantes em áreas de ocorrência da Formação Rosário do Sul, dos Aluviões Cenozóicos e também da Formação Rio do Rasto, atribuiu-se nota (0,7) por serem constituídas por arenitos e pelitos. Por outro lado para a Formação Botucatu atribuiu-se nota (0,8) por constituir-se de arenitos eólicos, sem argilas, bem classificados e de elevada porosidade e permeabilidade. Já para os poços penetrantes na Formação Serra Geral (0,6), pois esta é constituída por derrames vulcânicos, ígneos, antigos com aproximadamente 135.000.000 anos<sup>17</sup>. Informa-se que os primeiros constituídos por rochas sedimentares formam aquíferos do tipo porosos enquanto que os derrames vulcânicos formam aquíferos fissurais, com características bem distintas.

Para as características relacionadas ao tipo de aquífero quanto ao grau de confinamento, atribuiu-se valores de (0,2) para aquíferos confinados os quais estão localizados em áreas com a presença de rochas vulcânicas da Serra Geral, ou pertencentes ao pelitos<sup>12</sup> da Formação Santa Maria – Membro Alemoa e nota máxima (1,0), para aquíferos não confinados=livres, representados pelas Formações Rosário do Sul, Aluviões e pela Formação Botucatu.

Para os dados referentes à distância da água subterrânea na zona não saturada até o aquífero, isto é, ponto onde todos os espaços vazios estão preenchidos por água, seguiu-se os valores sugeridos pelo modelo, para poços com nível estático com mais de 50 m, nota (0,6); já para poços com nível estático entre 20 e 50 m a nota

---

<sup>17</sup> Nota do orientador do trabalho.

<sup>12</sup> Rochas com granulometria inferior a 0,0002 mm.

foi (0,7); para valores entre 5 e 20 m atribui-se nota (0,8) e finalmente, para poços com menos de 5 m de profundidade, isto é os mais susceptíveis a contaminação, nota máxima (0,9).

Dos 171 poços simulados obteve-se as seguintes classes de vulnerabilidade: desprezível - 6 poços, representando (3,5%) do total; baixa - 4 poços, representando (2,4%) do total; média - 48 poços, representando (28,4%) do total; alta - 112 poços, representando (65,8%) do total; e na classe extrema - apenas 1 poço, representando (1%) do total.

De acordo com Foster e Hirata (1993, p.19): “Pode-se obter uma alta vulnerabilidade em determinadas áreas, sem que haja risco de contaminação das águas subterrâneas, pela ausência de uma carga contaminante significativa, e vice-versa. A carga contaminante pode ser controlada ou modificada não ocorrendo o mesmo com a vulnerabilidade do aquífero”.

Para um estudo sobre o risco de contaminação das águas subterrâneas de Santa Maria estabeleceu-se uma relação entre a vulnerabilidade natural e a carga contaminante aplicada sobre a superfície especificamente dos postos de combustíveis e lava-rápido. A carga contaminante encontra-se representada por 39 postos de combustíveis (localizados no perímetro urbano do município de Santa Maria) e 3 lava-rápido ( no bairro Camobi), os quais de acordo com Foster et al. (2003) classificam-se como fontes pontuais de contaminação, e segundo Foster e Hirata (1993), estes têm sido uma das causas mais freqüentes de contaminação dos aquíferos em áreas urbanas ocasionadas pelo vazamento de tanques de armazenamento de combustíveis e o lançamento de resíduos em córregos de água ou diretamente sobre o solo.

A partir da obtenção das classes de vulnerabilidade do município de Santa Maria e o cadastro das fontes pontuais de contaminação procurou-se especializa-las no cartograma *surfer* 8 utilizando o método de *krigagem*, como mostra a Figura 10, a qual tem por finalidade ilustrar a distribuição espacial dos postos de combustíveis, dos lava-rápido e a localização das áreas mais suscetíveis a contaminação dos aquíferos.

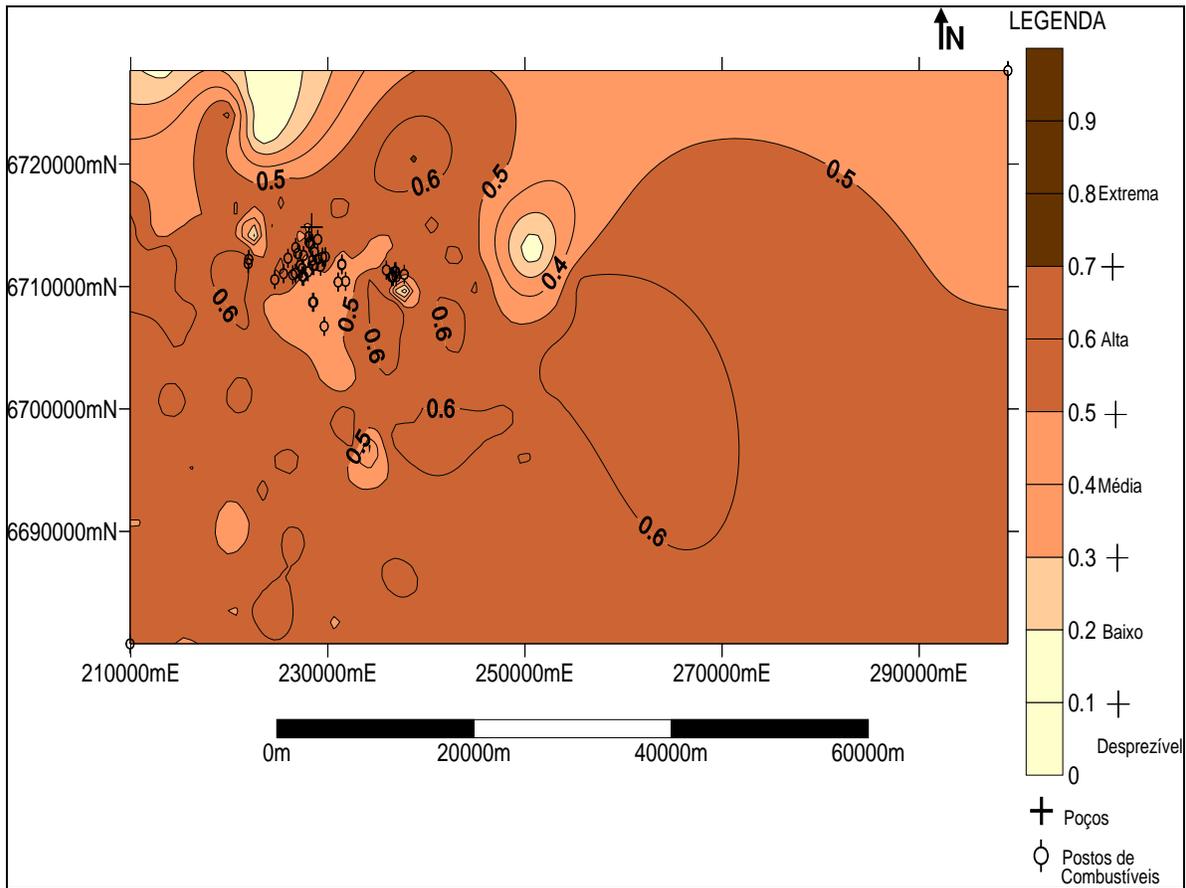


Figura 10: Distribuição espacial dos índices de vulnerabilidade e dos 39 postos de combustíveis e 3 lava-rápido do município de Santa Maria-RS.

Elaboração.: Fachin, E. F., 2005.

Observa-se na Figura 10, as diferentes classes de vulnerabilidade de Santa Maria e a localização dos postos de combustíveis e lava-rápido havendo uma concentração destes em dois pontos distintos da área do município de Santa Maria. A maior concentração se dá próximo a Catedral, ou seja, no centro urbano do município e outra a Leste deste, que pode ser identificado pelo bairro Camobi.

A espacialização dos resultados obtidos através das classes de vulnerabilidade revela um predomínio da classe alta (0,5 a 0,7) representada pela tonalidade mais escura, ou seja, o predomínio de um alto índice de vulnerabilidade natural dos aquíferos no município de Santa Maria.

Quanto à localização da carga contaminante sobre o cartograma de vulnerabilidade, observa-se que a maioria dos postos de combustíveis e lava-rápido localizam-se na área de alta vulnerabilidade, o que a caracteriza como área de risco de contaminação das águas subterrâneas, merecendo uma atenção especial por parte dos proprietários de postos para que não venham a ocorrer vazamentos nos tanques de armazenamentos de combustíveis, muitas vezes causados pela corrosão do material de revestimento, uma vez que, esta área não apresenta capacidade de atenuação dos contaminantes.

Ressalta-se que os aquíferos localizados nas áreas que apresentam alta vulnerabilidade apresentam grande suscetibilidade a serem adversamente afetados por qualquer atividade humana poluidora imposta sobre ela, necessitando de estudo mais aprofundado de planejamento das atividades instaladas nestes locais.

No setor Noroeste e num ponto no Centro da Figura 10, encontram-se as áreas menos vulneráveis quanto contaminação das águas subterrâneas representadas na Figura 10 pelas tonalidades mais clara, indicando áreas com risco mínimo de contaminação dos aquíferos. Isto, deve-se ao fato da presença de aquíferos confinados pelas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral que localizam-se nestas áreas.

O estudo da ocorrência e deslocamento das águas subterrâneas dá-se através da identificação das linhas de deslocamento do fluxo subterrâneo, que em muitos casos, seguem o deslocamento do fluxo superficial das águas.

A superfície potenciométrica, que representa o peso da coluna de água que encontra-se acima do nível do mar e serve para indicar a direção do fluxo subterrâneo,

foi um dos itens calculados para 173 poços cadastrados pela CPRM no município de Santa Maria. Os poços que apresentaram esta informação e os valores obtidos foram espacializados de acordo com a Figura 11.

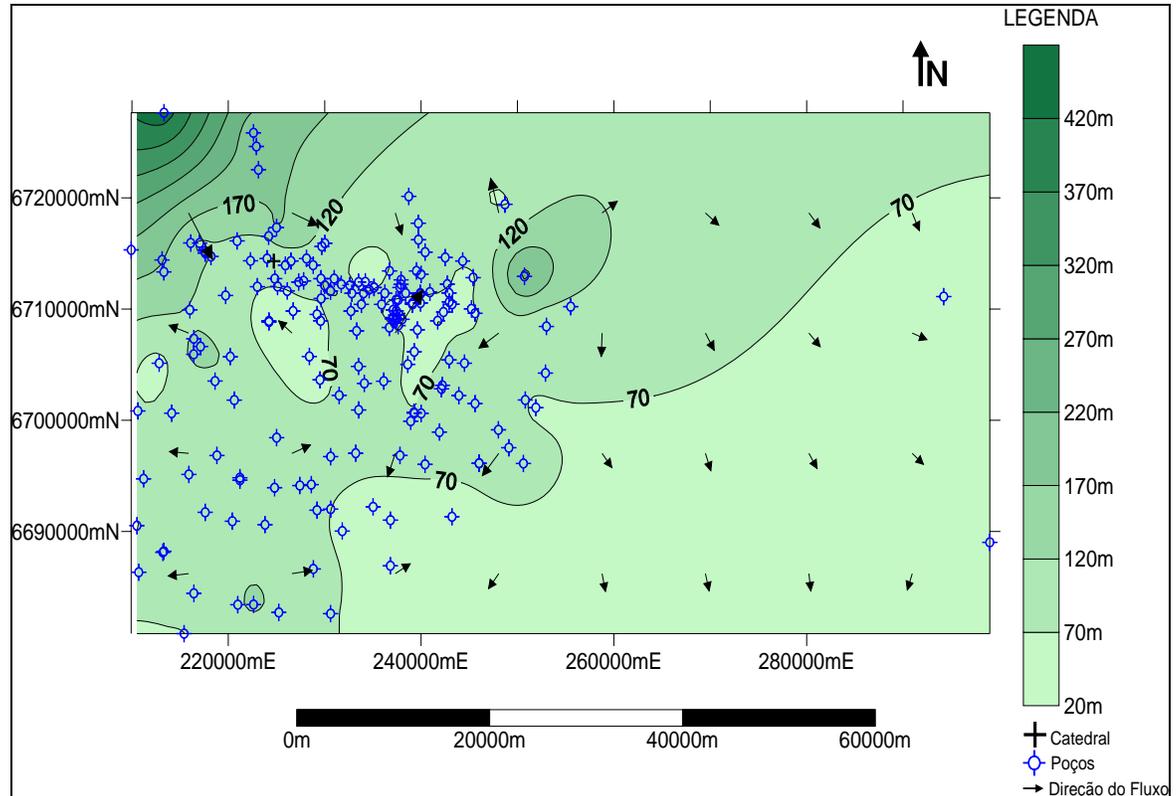


Figura 11: Superfície potenciométrica de 173 poços do Município de Santa Maria-RS. Elaboração.: Fachin, E. F., 2005.

A partir da Figura 11, observa-se que a faixa de variação da Superfície Potenciométrica dos poços cadastrados no município de Santa Maria se deu entre 20 e 450 m, com diferentes direções em cada setor, sendo o sentido do fluxo subterrâneo representado pelas setas em tonalidades pretas.

Verifica-se uma tendência maior da direção do fluxo subterrâneo que desloca-se do setor Norte e converge para os setores Leste, Sudeste e Sul da figura, contribuindo provavelmente para a perenização do Arroio Vacacaí-Mirim e demais corpos superficiais de águas correntes, como Arroio Cadena e outros. Destaca-se ainda a existência de fluxos águas que próximos da Catedral Diocesana divergem para os demais setores (Leste e Oeste). Também nota-se um deslocamento de fluxo que ocorre do setor Noroeste (Cerro da Caturrita) em direção ao setor Sudoeste.

Destaca-se que a infiltração de cargas contaminantes em áreas de deslocamento de fluxos de água subterrânea poderá vir a serem transportadas para outras áreas, devido ao constante movimento dos contaminantes acompanhando a direção do fluxo subterrâneo de água. Desta forma, a adoção de medidas, normas e legislação de manejo e gerenciamento em âmbito local adequados ao meio físico do município, são de extrema importância para a proteção das águas subterrâneas de Santa Maria.

Observou-se, com o desenvolvimento deste trabalho, que as águas subterrâneas possui uma importância significativa para o desenvolvimento sócio-econômico do município de Santa Maria, pois seus usos são múltiplos, com destaque para o abastecimento doméstico (65%), abastecimento urbano (13%), irrigação (11%), uso industrial (7%) e também no lazer (4%).

Através dos pontos cadastrados, espera-se ter contribuído para um maior reconhecimento do uso dos recursos hídricos subterrâneos no município de Santa Maria. Sugere-se que a Secretaria de Gestão Ambiental utilize no planejamento do uso deste recurso as informações aqui espacializadas e discutidas.

A partir da aplicação do método *GOD* para a identificação da vulnerabilidade dos aquíferos no município de Santa Maria, identificou-se grandes áreas com alta vulnerabilidade (68%) de contaminação dos aquíferos, necessitando de iniciativas por parte da comunidade e dos órgãos públicas, que possibilitem evita-se os possíveis efeitos negativos sobre o meio ambiente, causados pelo desenvolvimento das atividades humanas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destaca-se na atualidade, a necessidade de se gerir a água de forma que seu uso resulte em maiores benefícios para a sociedade atual e futura. Isso, porém requer o uso sustentável dos recursos hídricos, pois a escassez e o mau uso deste recurso mineral extremamente importante para a sobrevivência do homem na Terra, representam sérios e crescentes problemas que ameaçam a vida do homem no Planeta.

No município de Santa Maria houve um aumento recente no uso da água subterrânea desde a década de 90, chegando a mais de 6.000 poços em 2000, indo de um consumo razoável para um aumento significativo.

As águas subterrâneas no Município de Santa Maria destinam-se a uma variedade de finalidades, com maior destaque encontra-se o consumo humano o qual de acordo com a pesquisa consome cerca de 65% de toda explorada do Sistema Aquífero Guarani, destaca-se também o abastecimento de instituições públicas como quartéis do Exército Brasileiro a Base Aérea, hospitais e a Universidade Federal de Santa Maria e atividades econômicas onde pode-se inferir os hotéis, as indústrias de bebidas e alimentos, moinhos, estabelecimentos recreativos, motéis, escolas privadas, frigoríficos e floriculturas.

Na zona rural do Município de Santa Maria tem-se a utilização das águas subterrâneas para a dessedentação animal e como complementar a água de superfície na lavoura irrigada de arroz. Por isso sugere-se que sejam feitos estudos detalhados, sobre o assunto visando à proteção sanitária das águas subterrâneas, esta será uma tarefa do Comitê de Bacias de gerenciar o acesso a este recurso.

Quanto aos parâmetros analisados no desenvolvimento desta pesquisa, tem-se uma prévia avaliação das condições de ocorrências das águas subterrâneas no Município, pois se observa que o município de Santa Maria possui um número bastante significativo de poços tubulares e, a extração de água do subsolo na área destina-se principalmente ao consumo humano, necessitando-se de políticas de planejamento das atividades poluidoras instaladas no Município para que se mantenha a qualidade da

água dentro dos padrões necessários para o consumo humano. Bem como no planejamento do uso e ocupação dos solos em seu Plano Diretor.

Em relação à profundidade dos poços observou-se que estes apresentam profundidades médias, não possuindo poços muito profundos como em outros locais do país onde os aquíferos encontram-se confinados por espessas camadas de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, o que influencia a perfuração de novos poços devido ao pouco investimento necessário para uso deste recurso natural que ainda pode ser extraído do subsolo sem que seja efetivado nenhum tipo de cobrança.

Assim cabe ressaltar a importância de um conhecimento prévio do meio físico da área, para que a exploração das águas subterrâneas, seja realizada de forma racional, evitando-se transtornos a médio e longo prazo.

Encontra-se em Santa Maria um dos principais locais de recarga do Sistema Aquífero Guarani, o que deve ser um ponto primordial para que sejam tomadas atitudes por parte de toda a comunidade para que este manancial de água subterrânea não venha a apresentar pontos de poluição de suas águas, pois estas uma vez contaminadas, requerem grandes investimentos para sua recuperação e na maioria dos casos sua recuperação total é irreversível.

Como visto nos resultados desta pesquisa, Santa Maria apresenta grande parte do seu território com alta vulnerabilidade dos aquíferos, quanto ao risco de contaminação de suas águas por poluentes oriundos da superfície isso requer a tomada de conscientização de todos os profissionais envolvidos neste assunto e da comunidade para a conservação deste manancial de água subterrânea representado pelo Sistema aquífero Guarani, principalmente no seu Plano Diretor.

Para a conservação da qualidade e quantidade da água subterrânea no município necessita-se de maior supervisão na construção de poços por parte da FEPAM, Secretaria de Gestão Ambiental do Município, Ministério Público e dos próprios cidadãos.

Os resultados espacializados indicam áreas que devem ser melhores estudadas em relação ao uso e ocupação necessitando de um planejamento das atividades humanas de acordo com as particularidades impostas pelo meio físico, pois áreas com

alta vulnerabilidade de contaminação dos aquíferos não podem ser alvos de atividades poluentes desenvolvidas em superfície.

Assim, perfuradores de poços, sondadores, engenheiros consultores, e principalmente os geógrafos, devem trabalhar engajados em interesse comum de promover o planejamento das atividades instaladas em Santa Maria, como forma de proteção dos mananciais de água subterrânea no Município promovendo o uso sustentável deste recurso mineral.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **O Estado das Águas no Brasil: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos.** Org. FREITAS, M. A. V. de. Brasília. Ministério de Minas e Energia – MME, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. 1999, 334p.

ÁGUA SUBTERRÂNEA E POÇOS TUBULARES: Tradução da primeira edição do original norte-americano publicado pela JOHNSON Division, UOP, Inc., Sant Paul, Minnesota. 3 ed. ver. São Paulo, CETESB, 1978. 482 p.

Água: Desafio para o próximo milênio, 1999, Brasília. **Anais...**Brasília: Presidência da República, Ministério do Meio Ambiente e Secretaria de Recursos Hídricos, 1999.190 p.

ARAÚJO, L. M. FRANÇA, A. B.; POTTER, P. E. **Aqüífero Gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai: mapas hidrogeológicos das Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó.** Universidade Federal do Paraná. 1995.

**Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS.** Disponível em: <<http://www.abas.org.br/htm/>>. Acesso em: 02 de dez. 2003.

**ATLAS Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul.** Rio Grande do Sul. Secretaria da Coordenação e Planejamento. Porto Alegre: SCP, 2002. 2. ed. rev. amp..

BERNARDES, S. A. A. A estrutura fundiária do município de Santa Maria. **Ciência e Natura.** Santa Maria: Ed. da UFSM, 10:59-87, 1988.

BERRO, S. V. **Áreas de Afloramento do Sistema Aqüífero Guarani, no Rio Grande do Sul.** Trabalho de Graduação A, em Geografia. Universidade Federal de SANTA Maria. Santa Maria, 2005.

**BRASIL.** Constituição da República Federativa do Brasil: Promulgada em 5 de outubro de 1988. 17ª ed. São Paulo: Saraiva, 1997.

CARUSO, R. **Água Vida.** São Paulo. Cargil. 1998. 111p.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Política Nacional dos Recursos Hídricos. Brasília. P. 10 – 33.

\_\_\_\_\_. Portaria 1.469 de 29 de dezembro de 2000. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.** N.º 38, de 22 de fevereiro de 2001. Seção 1.

CEDESTROM, D. J. **Água subterrânea: uma introdução**. Missão Norte-Americana de Cooperação Econômica e Técnica no Brasil – USAID. Rio de Janeiro: Centro de publicações técnicas da aliança. 1964, 280 p.

CHANG, H. K. **O uso atual e potencial do Aquífero Guarani**. Disponível em: <<http://aquiferoguarani.hpg.com.br>>. Acesso em: 02 de set. 2003.

COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS/CPRM/Mapa hidrogeológico da folha SH.22-V-C-VI MI 2965, ESCALA 1:100.000. 1994.

COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS/CPRM/SIAGAS. Sistema de informação de águas subterrâneas. Disponível em <http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em 1 de março de 2005.

**CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE** (Brasil). Resolução 357 de 13 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais... Substitui a Resolução CONAMA n.º 20 de 18 de junho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo Brasília, DF, 2005.

**CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS** (Brasil). Resolução n.º 15 de 11 de janeiro de 2001. Delega competência a SINGRH e dá outras providências. Poder Executivo, Brasília, DF, 2001.

CRUZ, F. C. da. **Código das águas anotado**. Belo Horizonte: Palpite. 1998. 159 p.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia subterrânea**. 2º ed. Barcelona: Omega, 2v. 1983.

DREVER, J. I. **The geochemistry of natural waters: surface and groundwater environments**. Upper Saddle River Prentice Hall. 3rd ed. 1997, 436p.

DUTRA, D. de A. **Plano de Proteção de Aquíferos a partir de Variáveis Ambientais**. 2005. 100f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

\_\_\_\_\_. **Usos dos recursos hídricos na Bacia hidrográfica do Arroio Ferreira, Santa Maria/RS**. Trabalho de Graduação A, em Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

**ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**. Secretaria de Obras Públicas, Saneamento e Habitação/CHR-RS. Conselho de Recursos Hídricos. Lei n.º 10.350 de 30 de dezembro de 1994. 30p.

FACHIN, E. F. **Distribuição espacial dos poços tubulares profundos e informações físico-químicas das águas subterrâneas no município de Santa Maria/RS**. 2003. 73f. (Trabalho de Graduação A) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

FENZL, N. **Introdução a Hidrogeoquímica**. Universidade Federal do Paraná, 1987. 189p.

FEPAM - **Fundação Estadual de Proteção Ambiental**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br>>. Acesso em: 18 maio 2005.

FOSTER, S. et al. **Poluição das águas Subterrâneas: um documento executivo da situação da América Latina e Caribe com relação ao abastecimento de água potável**. Tradução de Ricardo Hirata. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. 55p. Título original: Groundwater Pollution: an executive overview of the Latin American – Caribbean situation in relation potable water-supply.

FOSTER, S. et al. **Proteccion de la Calidad del Agua Subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales**. Banco Mundial e Banco Internacional de Reconstruccion y Fomento. Washington, 2003. 115p. 1ª edición em español.

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. 92 p.

FRANTZ, L. C. **Avaliação do índice de Vulnerabilidade do Aquífero Guarani no Perímetro Urbano da Cidade de Santana do Livramento – RS**. 2005. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005, no prelo.

GARCIA, G. P. **Avaliação de pontos potenciais de contaminação de águas subterrâneas de Santa Maria-RS**. Trabalho de Graduação A, em Geografia. Santa Maria, CCNE/UFSM, 2004.

GASPARETO, N. V. L. et al. **Carta Geológica de Santa Maria e Camobi**-Departamento de Geociências/UFSM. 1990. Nota explicativa 10 p. escala 1: 50.000.

GRAY, N. F. **Calid del agua potable: Problemas y soluciones**. Tradução de López, I. E. Zaragoza (Espanha): Acribia, S. A., 1994. p.61-72. Título original: Drinking water qualitt: Problems and Solutions.

GREGORASCHUK, J. LOS. S. **Estudio del uso actual y potencial del acuífero Guarani, enero 2001**. Disponível em: <<http://www.sg-guarani.org>>. Acessado em janeiro de 2001.

HASSUDA, S. Água Subterrânea: Um recurso a proteger: In: CHASSOT, A.; CAMPOS, H. (Org.). **Ciência da Terra e Meio Ambiente: diálogos para (inter) ações no planeta**. UNISINOS, [s. L]p. 179 – 196.

HAUSMAN, A. **Províncias Hidrogeológicas do Rio Grande do Sul. Estudos tecnológicos**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo-RS. 1995. 125p.

HEATH, R, C. **Hidrologia básica de águas subterrâneas**. USGS Paper n.º 20. Tradução de Wrege, M. e Potter, . IPH/UFRGS. 1983. 86p.

HIRATA, R. et al. **Mapeamento da Vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. Instituto Geológico, CETESB, DAEE, Secretaria do Estado de São Paulo. São Paulo.1997. 2 volumes. 128 p.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.org.br/população/2004.html>>. Acesso em: 1 dez. 2004.

MACIEL FILHO, C.L. **Carta Geotécnica de Santa Maria**. Departamento de Geociências/UFSM. 1990, escala 1:25.000.

MALLMANN, F. UFSM pesquisa como preservar reserva de água. **Diário de Santa Maria, Santa Maria**, 14 e 15 ago. 2004. p. 6.

MAZIERO, L. **Levantamento da Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos no Município de Dona Francisca – RS**. Santa Maria-RS. 2005. 125f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. Diretoria do Serviço Geográfico. **Carta Topográfica de Santa Maria/RS**. Porto Alegre: DSG. Escala: 1:25. 000. Folha SH-22 V-1; MI-2965/1. 1980.

MOREIRA, C. M. D. **Aspectos Qualitativos da Água Subterrânea no Campus da UFSM, Santa Maria – RS**. Santa Maria-RS. 2005.138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

MOREIRA, I. A.; COSTA, R. H. da. **Espaço e Sociedade no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1995. 96p.

OLIVEIRA, C. **Dicionário Cartográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

OSÓRIO, Q. DA S. **Vulnerabilidade Natural de Aquíferos e Potencial de Poluição das águas Subterrâneas**. 2004. 139f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

\_\_. **Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos e Potencial de Poluição das Águas Subterrâneas, na Bacia Hidrográfica do Arroio Ferreira, Santa Maria/RS**. Trabalho de Graduação A, em Geografia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2001.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas Doces no Brasil**. Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados da USP. 1999.

Rede das águas. **A questão da água**. Disponível em: <[www.rededasaguas.org.br](http://www.rededasaguas.org.br)>. Acesso em: 15 set. 2004.

SEMA. **Secretaria Estadual de Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em: 1 dez. 2004.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L. et al. **Estudos hidroquímicos das águas subterrâneas da região de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul**. XXVII Congresso de Engenharia Ambiental – UFSM. Dezembro 2000, p. 10.

\_\_\_\_\_. **Novas Hipóteses sobre a Origem do Flúor no Sistema Aquífero Guarani na Depressão Central Gaúcha, Brasil**. In. Aquíferos Fronteiriços: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis. SC. 2002. CD-ROM.

SIMMI, G. **Estudo da Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos de São Pedro do Sul - RS**. 2004. 68f. Monografia (Especialização em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SPIAZZI, C. F.T. **Uso do Solo na parte leste do sítio urbano de Santa Maria-RS: 1966-2000**. 2003. 76 f. Monografia (Especialização em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria 2003.

SURFER 8. **Contouring and 3D surface mapping for scientists and engineers**. Guide. Golden Software Inc. 2004. Versão 8. Colorado – U. S. A.

TOCCHETTO, M. R. L. Pereira, L. C. **Água: Esgotabilidade, Responsabilidade e Sustentabilidade**. Disponível em: <[www. Ambientebrasil.com.br](http://www.Ambientebrasil.com.br)>. Acesso em: 11 maio 2005.

TOOD, D. K. **Hidrologia de águas subterrâneas**. Tradução de ARAKEN, S. e SILVEIRA, E. B.S. Agência Norte Americana para o Desenvolvimento Internacional – USAID. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1959, 319 p. Título original: Ground Water Hydrology.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre. RS. EDUSP: ABRH, V: 04, 1993, 943 p.

ZIMBRES, E. **Guia Avançado sobre água subterrânea**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.com.br>>. Acesso em: 02 ago. 2003.

**ANEXO 1: Quadro de parâmetros hidrodinâmicos dos 194 poços cadastrados pela CPRM no Município de Santa Maria - RS**

**Quadro de parâmetros hidrodinâmicos dos 194 poços cadastrados pela CPRM no Município de Santa Maria-RS**

Nº do Poço	Sigla do Poço	Proprietário	Prof. (m)	Altitude (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	N.E. (m)	Usos das águas águas	C. E. µS/cm	STD (mg/L)	Litologia	Tipo de Aquífero	Tipo de Poço	UTM E	UTM N	SUP. POT(m)
1	4300000556	UFSM	102	100	4.2	40	Doméstico	350	227.5	Rosário do Sul	Livre	Tubular	237118	6709240	60
2	4300000557	CORLAC	100	95	1.6	59	Industrial	291	189.2	Rosário do Sul	Livre	Tubular	234217	6712438	36
3	4300000558	Igreja Católica	123	95	1.2	23.07	Doméstico	634	412.1	Rosário do Sul	Livre	Tubular	236723	6713421	71.93
4	4300000559	João A. Zampieri	80	85	4.11	12.5	Doméstico	199	129.4	Aluvião	Livre	Tubular	238404	6711425	72.5
5	4300000560	Metalúgica Tabarelli	100	90	3	40	Industrial	223	145	Rosário do Sul	Livre	Tubular	294222	6711115	50
6	4300000561	Manuel S. Teixeira	79	110	1.5	1.5	Industrial	118	76.7	Rosário do Sul	Livre	Tubular	239918	6711335	108.5
7	4300000562	Matalino Faccin	70	80	30	14.38	Irrigação	609	395.9	Rosário do Sul	Livre	Tubular	239918	6711432	65.62
8	4300000563	Carlos E. Felkl	100	103	1.5	1.5	Doméstico	272	176.8	Rosário do Sul	Livre	Tubular	236240	6711421	101.5
9	4300000564	Primo Berleze	166	110	4	60	Irrigação	362	235.3	Rosário do Sul	Livre	Tubular	233518	6712421	50
10	4300000565	Amauri V. Spoll	120	130	120	56.6	Doméstico	117	76.05	Rosário do Sul	Livre	Tubular	232816	6711418	73.4
11	4300000566	Otávio A. Ribeiro	120	125	1.2	47	Doméstico	107	69.55	Rosário do Sul	Livre	Tubular	234026	6711416	78
12	4300000567	Corpo de Bombeiros	80	87	5	31	Urbano	466	302.9	Rosário do Sul	Livre	Tubular	239938	6710539	56
13	4300000568	Corpo de Bombeiros	80	92	5	33	Urbano	609	395.9	Rosário do Sul	Livre	Tubular	239105	6710519	59
14	4300000569	CEEE	0	67	1.5	1.5	Doméstico	416	270.4	Rosário do Sul	Livre	Tubular	239105	6710519	65.5
15	4300000570	Sérgio Figueira	0	69	1.2	1.2	Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	239105	6710519	67.8
16	4300000571	Luiz de Milanez	0	100	0.5	0.5	Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	239105	6710425	99.5
17	4300000572	Rafael Dalla Favera	112	125	1.6	1.6	Doméstico	227	147.6	Rosário do Sul	Livre	Tubular	233808	6710425	123.4
18	4300000573	Ari Bolzan	91	110	1	35.23	Doméstico	266	172.9	Rosário do Sul	Livre	Tubular	232720	6709814	74.77
19	4300000574	CORSAN	64	95	10.59	6	Urbano	54	35.1	Rosário do Sul	Livre	Tubular	237414	6710830	89
20	4300000575	CORSAN	63.5	85	20.45	9.37	Urbano			Rosário do	Livre	Tubular	237909	6712217	75.63

										Sul					
21	4300000576	CORSAN	60	90	10.53	14.65	Urbano	0		Rosário do Sul	Livre	Tubular	237926	6712618	75.37
22	4300000577	UFSM	60	110	1.2	21	Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	236709	6708337	89
23	4300000578	Brigada Militar	68	140	3.5	12	Urbano	300	195	Rosário do Sul	Livre	Tubular	229610	6712728	128
24	4300000579	Nelson Miguel Basso	100	90	0.7		Doméstico	400	260	Rosário do Sul	Livre	Tubular	232919	6712715	
25	4300000580	Induber Engenho	24.8	90			Industrial			Rosário do Sul	Livre	Tubular	232818	6712435	
26	4300000581	CORSAN	102	105	10	10	Urbano	210	136.5	Rosário do Sul	Livre	Tubular	235906	6710413	95
27	4300000582	CORSAN	74	90	5.16	39.71	Urbano	295	191.8	Rosário do Sul	Livre	Tubular	237618	6710823	50.29
28	4300000583	SUDESUL	119	100	18	50.45	Urbano	696	452.4	Rosário do Sul	Livre	Tubular	231720	6712224	49.55
29	4300000584	CORSAN	57	85	9.14	14.87	Urbano	0		Aluvião	Livre	Tubular	237807	6711937	70.13
30	4300000585	Abatedouro do Lauro	0	63	0	54.2	Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	235117	6711935	8.8
31	4300000586	Hélios	0	90	0.8	56.25	Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	235117	6711935	33.75
32	4300000587	Base Aérea	0	115	2	31.7	Doméstico	158	102.7	Rosário do Sul	Livre	Tubular	234611	6711738	78.8
33	4300000588	Induber Engenho	100	106	13.2	20	Industrial	134	87.1	Rosário do Sul	Livre	Tubular	232611	6712122	86
34	4300000589	CORSAN	90	105	10	38.4	Urbano			Rosário do Sul	Livre	Tubular	223008	6712012	66.6
35	4300000590	CORSAN	114	110	6.5	25.6	Urbano	0		Rosário do Sul	Livre	Tubular	226503	6714316	84.4
36	4300000591	CORSAN	90	120	25	12.9	Urbano	286	185.9	Rosário do Sul	Livre	Tubular	228800	6713941	107.1
37	4300000592	CORSAN	144	125	19.3	47.6	Urbano			Rosário do Sul	Livre	Tubular	227303	6712425	77.4
38	4300000593	Minist. do Exército	80	100	2	15.2	Urbano	53	34.45	Rosário do Sul	Livre	Tubular	224820	6712734	84.8
39	4300000594	Minist. do Exército	81	78	8.05	3.35	Urbano	156	101.4	Rosário do Sul	Livre	Tubular	225106	6712033	74.65
40	4300000595	CORSAN	109	82	1.3	6.1	Urbano	196	127.4	Rosário do Sul	Livre	Tubular	226112	6711626	75.9
41	4300000596	CORSAN	102	75	6.5	20	Urbano			Rosário do Sul	Livre	Tubular	226721	6709823	55

42	4300000597	SUDESUL	90	105	12.85		Urbano	29	18.85	Rosário do Sul	Livre	Tubular	221518	6711327	
43	4300000598	CORSAN	60	90	60		Urbano	98	63.7	Rosário do Sul	Livre	Tubular	225126	6711232	
44	4300000599	CORSAN	48	135	40	23.75	Urbano			Rosário do Sul	Livre	Tubular	227812	6712530	111.25
45	4300000604	Vitêlio Bevillaqua	99	110	11	52	Doméstico	488	317.2	Rosário do Sul	Livre	Tubular	229567	6708937	58
46	4300000605	Vrgínio T. Santos	71	83	1	25	Doméstico	216	140.4	Aluvião	Livre	Tubular	229507	6703635	58
47	4300000606	Olavo Sartori	194	78	2	34	Doméstico	137	89.05	Rosário do Sul	Livre	Tubular	236822	6691022	44
48	4300000607	Roberto Teixeira	96	50	1	0.1	Doméstico	3192	2075	Aluvião	Livre	Tubular	233214	6697037	49.9
49	4300000608	Adolfo Azambuja	40	95	1.5	5.3	Doméstico	28	18.2	Rosário do Sul	Livre	Tubular	239618	6708128	89.7
50	4300000610	Sub. Prefeitura	124	174	4	3.4	Urbano	62	40.3	Rosário do Sul	Livre	Tubular	216415	6707332	170.6
51	4300000611	Sec. da Agricultura	88	135	3	13	Doméstico	34	22.1	Rosário do Sul	Livre	Tubular	217604	6715020	122
52	4300000612	Sec. da Agricultura	162	130	1	8	Irrigação	175	113.8	Rosário do Sul	Livre	Tubular	218204	6714727	122
53	4300000613	Sec. da Agricultura	81	130	3.5	20	Irrigação			Rosário do Sul	Livre	Tubular	217016	6715930	110
54	4300000614	Valdeci Farias	115	75	0.5		Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	221620	6707231	
55	4300000615	Aldo Toniollo	100	123	0.5	7	Doméstico	229	148.9	Rosário do Sul	Livre	Tubular	220206	6705717	116
56	4300000616	Paulo Carnellosso	95	122	0.5	26.1	Doméstico	238	154.7	Rosário do Sul	Livre	Tubular	218621	6703519	95.9
57	4300000617	Valter Mucha	180	90	1.5	0.4	Doméstico	3618	2352	Rosário do Sul	Livre	Tubular	219718	6711221	89.06
58	4300000618	Romeu Santini	60	140	1	23.8	Doméstico	47	30.55	Rosário do Sul	Livre	Tubular	217117	6706625	116.2
59	4300000619	Minist. do Exército	84	95	5	54	Doméstico	197	128.1	Rosário do Sul	Livre	Tubular	224216	6708837	41
60	4300000620	Minist. do Exército	140	90	1.8	39	Doméstico	798	518.7	Rosário do Sul	Livre	Tubular	224214	6708929	51
61	4300000621	Ivan Medeiros	80	95	0.3	8.6	Doméstico	196	127.4	Rosário do Sul	Livre	Tubular	212825	6705128	51
62	4300000622	Iva Galvão	35	152	0.5	6.4	Doméstico	35	22.75	Rosário do Sul	Livre	Tubular	210617	6700838	145.6
63	4300000623	Pref. M. de Stª Maria	158	105	3	27	Irrigação	127	82.55	Serra Geral	Confinado	Tubular	222304	6714336	78

64	430000624	Ariovaldo Ferreira	86	175	2		Industrial	167	108.6	Rosário do Sul	Livre	Tubular	219907	6724138	
65	430000625	Super Tratores	95	110	11	42	Industrial	150	97.5	Rosário do Sul	Livre	Tubular	229626	6710941	68
66	430000626	Igreja Católica	145	170	8.5	22	Doméstico	322	209.3	Rosário do Sul	Livre	Tubular	230605	6711612	148
67	430000627	Colégio Marista	130	100	7	65	Doméstico	143	92.95	Rosário do Sul	Confinado	Tubular	230605	6711612	35
68	430000628	Clube Esportivo	87	160	6	35.7	Doméstico	167	108.6	Rosário do Sul	Livre	Tubular	228113	6714541	124.3
69	430000629	Rede Ferrov. Federal	92	115	20	29	Doméstico	185	120.3	Rosário do Sul	Livre	Tubular	230982	6712730	86
70	430000630	Igreja Católica	134	140	20	14	Industrial	155	100.8	Rosário do Sul	Livre	Tubular	230001	6712121	126
71	430000631	CEEE	105	125	0.7		Doméstico	82	53.3	Rosário do Sul	Livre	Tubular	221610	6713025	
72	430000632	Frederico Nussbaumer	60	150	1	4.5	Doméstico	36	23.4	Aluvião	Livre	Tubular	209925	6715317	145.5
73	430000633	Sebastião Portela	120	175	0.5	49.8	Doméstico	56	36.4	Rosário do Sul	Livre	Tubular	213125	6714413	125.2
74	430000634	Luiz Weber	52	130	1.2	26.9	Doméstico	72	46.8	Rosário do Sul	Livre	Tubular	216101	6715937	103.1
75	430000635		0	165	3	0	Doméstico	17	11.05	Rosário do Sul	Livre	Nascente	213314	6713339	165
76	430000636	Carlos R. Comoretto	77	190	1	7.5	Doméstico	49	31.85	Rosário do Sul	Livre	Tubular	217573	6715204	182.5
77	430000637	Frigorífico Silva	90	140	1	53.4	Industrial	175	113.8	Rosário do Sul	Livre	Tubular	231503	6702235	86.6
78	430000638	Gabriel Pelegrini	90	130	1.2	18.7	Doméstico	0		Rosário do Sul	Livre	Tubular	216011	6709925	118
79	430000639	Irineu Camponogara	88	135	1.7	17	Doméstico	102	66.3	Rosário do Sul	Livre	Tubular	224188	6716540	118
80	430000640	Oldemar Weber	120	105	1.2	5	Doméstico	64	41.6	Rosário do Sul	Livre	Tubular	224022	6714533	100
81	430000641	Antigo Matadouro	80	95	5	8	Industrial			Rosário do Sul	Livre	Tubular	225921	6713932	87
82	430000642	Valdemiro Bagolin	130	105	3	3.5	Outros	96	62.4	Rosário do Sul	Livre	Tubular	220914	6716120	101.5
83	430000643	Angelo Barin	71	180	2.4	4	Doméstico	245	159.3	Rosário do Sul	Livre	Tubular	225003	6717331	176
84	430000646	Posto Texaco	90	50	1	14.5	Outros	586	380.9	Rosário do Sul	Livre	Tubular	236812	6686923	35.5
85	430000647	Valder Camasseto	0	70	1	14.5	Doméstico	4131	2685	Rosário do Sul	Livre	Tubular	235022	6692212	55.5

86	4300000648	Volmar B. Grigoletto	86	114	1.5	22	Doméstico	161	104.7	Rosário do Sul	Livre	Tubular	252904	6704240	92
87	4300000649	Minist. da Aeronáutica	0	240		0	Doméstico	40	26	Serra Geral	Confinado	Nascente	250724	6712941	240
88	4300000650	Irmãos Trevisan	166	60	2.5		Industrial	3804	2473	Rosário do Sul	Livre	Tubular	252101	6701818	
89	4300000651	Luiz C. Mario	50	70	0.5	10.4	Outros	374	243.1	Rosário do Sul	Livre	Tubular	250811	6701821	59.9
90	4300000652	E. M. Arroio do Só	102	70	4	13	Outros			Rosário do Sul	Livre	Tubular	251902	6701136	57
91	4300000653	Elba Londero	75	135	1	0.5	Doméstico	339	220.4	Aluvião	Livre	Tubular	230017	6715912	133.5
92	4300000654	CEEE	80	135	7.5	28	Doméstico	325	211.3	Rosário do Sul	Livre	Tubular	229701	6715627	107
93	4300000655	Igreja Católica	130	120	9.1	41.7	Doméstico	138	89.7	Rosário do Sul	Livre	Tubular	229203	6709513	78.3
94	4300000656	M. dos Transportes	180	55	1.5		Doméstico	3618	2352	Aluvião	Livre	Tubular	231716	6700114	
95	4300000657	Neli D. Rossato	48	125	1.5	10.9	Doméstico	47	30.55	Rosário do Sul	Livre	Tubular	234112	6703314	114.1
96	4300000658	Pedrinho P. Machado	50	110	1.5	9	Doméstico	48	31.2	Rosário do Sul	Livre	Tubular	233511	6704841	101
97	4300000659	Dorcindo Pereira	8	80	0	4	Doméstico	89	57.85	Rosário do Sul	Livre	Escavado	236123	6703516	76
98	4300000660	Antonio Trindade	66	135	11.2	19	Doméstico	68	44.2	Rosário do Sul	Livre	Tubular	240004	6713114	116
99	4300000662	José P. Machado	58	110	1	7.1	Doméstico	41	26.65	Rosário do Sul	Livre	Tubular	238617	6705023	102.9
100	4300000663	Mário Cassol	120	55	1		Doméstico	3912	2543	Aluvião	Livre	Tubular	236427	6697514	
101	4300000664	Carlos Xavier	135	110	0.3	6	Doméstico	479	311.4	Rosário do Sul	Livre	Tubular	238923	6699915	104
102	4300000665	Sivio Mortari	0	78	0.12	0	Doméstico	28	18.2	Rosário do Sul	Livre	Nascente	239309	6700633	78
103	4300000666	Almiro Borges	25	78	0	1.5	Doméstico	149	96.85	Rosário do Sul	Livre	Escavado	237813	6696838	76.5
104	4300000667	Darci Antoniazzi	100	100	0.3	16	Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	240008	6700618	84
105	4300000668	Irmãos Duarte	293	90	5	30	Industrial	116	75.4	Rosário do Sul	Livre	Tubular	228407	6705734	60
106	4300000669	Manuel J. P. Xavier	12	90	0	6	Doméstico	426	276.9	Rosário do Sul	Livre	Escavado	246023	6696135	84
107	4300000670	Antonio C. Bertoluzzi	118	78	1	1.5	Doméstico	3447	2241	Rosário do Sul	Livre	Tubular	246023	6696135	76.5
108	4300000671	Luciano S. Santos	9	98	0	0.5	Doméstico	188	122.2	Rosário do	Livre	Escavado	248023	6699139	97.5

										Sul					
109	4300000672	Manoel Xavier	7	95	1	6	Doméstico	399	259.4	Rosário do Sul	Livre	Escavado	250617	6696116	89
110	4300000673	Amauri S. Santos	13	123	0	7	Doméstico	169	109.9	Rosário do Sul	Livre	Escavado	249107	6697530	116
111	4300000674	José de Oliveira	78	125	1	13	Industrial	435	282.8	Rosário do Sul	Livre	Tubular	245600	671500	112
112	4300000675	Luiz Xavier	134	95			Outros			Rosário do Sul	Livre	Tubular	245213	6699814	95
113	4300000676	João Freitas Filho	53	115	1.8	9.6	Doméstico	42	27.3	Rosário do Sul	Livre	Tubular	242208	6703135	105.4
114	4300000677	Nelson Figueira	55	70	70	9	Irrigação	510	331.5	Rosário do Sul	Livre	Tubular	242324	6709731	61
115	4300000678	Arlindo Tonetto	88	75	40	2	Irrigação	249	161.9	Rosário do Sul	Livre	Tubular	241719	6708939	73
116	4300000679	Armando Andres	70	135	1	19.6	Doméstico	22	14.3	Rosário do Sul	Livre	Tubular	243922	6702219	115.4
117	4300000680	Zelir B. Oliveira	60	118	0.8	16.8	Doméstico	37	24.05	Rosário do Sul	Livre	Tubular	242107	6702824	101.2
118	4300000681	Paulo Rossi	11	96	0	3	Doméstico	288	187.2	Rosário do Sul	Livre	Escavado	241902	6698937	93
119	4300000682	Flavia Xavier	13	70	0	1.5	Doméstico	200	130	Rosário do Sul	Livre	Escavado	240411	6696037	68.5
120	4300000683	Ithener P. de Oliveira	48	96	2	12	Doméstico	135	87.75	Rosário do Sul	Livre	Tubular	244500	6705129	84
121	4300000694	Marciano Mendonça	30	110	0.3	9.5	Doméstico	459	298.4	Rosário do Sul	Livre	Tubular	233311	6708030	100.5
122	4300000699	Nose de Assis	132	105	1.5	24.5	Doméstico	6522	4239	Rosário do Sul	Livre	Tubular	229201	6691917	80.5
123	4300000700	Neli Pires Silveira	90	90	0.5		Doméstico	440	286	Rosário do Sul	Livre	Tubular	226709	6689514	
124	4300000705	Nelson Perrando	0	95	1	14.5	Doméstico	191	124.2	Rosário do Sul	Livre	Tubular	223808	6690613	80.5
128	4300000706	Silvio Lorenzzi	128	128	1	51.6	Doméstico	2447	1591	Rosário do Sul	Livre	Tubular	220416	6690929	76.4
125	4300000707	Alcides Bizzi	75	75	13.2	3	Irrigação	499	324.4	Aluvião	Livre	Tubular	242724	6712236	72
126	4300000708	João R. Pano	55	75	67		Irrigação	556	361.4	Aluvião	Livre	Tubular	243103	6712222	
127	4300000711	João Farenzena	58	82	30	10	Irrigação	583	379	Aluvião	Livre	Tubular	240911	6711516	72
128	4300000712	Vivaldino Manhago	64	115	3	0.2	Doméstico	185	120.3	Botucatu	Livre	Tubular	238720	6720124	114.8
129	4300000713	Gentil Claro	72	95	7	13	Irrigação	272	176.8	Botucatu	Livre	Tubular	239718	6717713	82
130	4300000714	Abilio Campanholo	50	93	7	8	Irrigação	278	180.7	Rosário do	Livre	Tubular	239725	6716234	85

										Sul					
131	4300000715	Pedro Fassinato	127	85	10	2	Irrigação	245	159.3	Rosário do Sul	Livre	Tubular	240423	6715114	83
132	4300000716	Osvaldo Trevisan	135	85	5.2	9	Irrigação	86	55.9	Rosário do Sul	Livre	Tubular	242507	6714634	76
133	4300000717	Adelno Rossi	134	95	30	32	Doméstico	468	304.2	Aluvião	Livre	Tubular	245401	6712822	63
134	4300000718	Valdir Pillon	55	70	6	2	Outros	0		Aluvião	Livre	Tubular	245222	6710013	68
135	4300000719	Alfredo Golpo	107	103	3.5	35	Irrigação	532	345.8	Rosário do Sul	Livre	Tubular	253003	6708432	68
136	4300000720	Wilson Figueira	60	70	100	5	Irrigação	634	412.1	Rosário do Sul	Livre	Tubular	242903	6711439	65
137	4300000721	Aldorino Figueira	55	70	4	4	Irrigação			Aluvião	Livre	Tubular	242922	6710638	66
138	4300000722	Delafa Figueira	55	71	3	5.5	Doméstico	532	345.8	Aluvião	Livre	Tubular	243222	6710430	65.5
139	4300000723	Sadi Possobon	68	85	3	20	Irrigação	564	366.6	Aluvião	Livre	Tubular	248705	6719414	65
140	4300000724	Getúlio Noal	118	78	4	17.5	Doméstico	1249	811.9	Rosário do Sul	Livre	Tubular	244317	6714313	60.5
141	4300000725	Odacir Colusso	104	89	2.5	13	Doméstico	640	416	Aluvião	Livre	Tubular	239521	6713425	76
142	4300000730	João Bevilaqua	5	110	0	3	Doméstico	254	165.1	Rosário do Sul	Livre	Escavado	255519	6710212	107
143	4300000731	Oscar de Freitas	48	103	1.2	14.7	Doméstico	19	12.35	Botucatu	Livre	Tubular	242907	6705430	88.3
144	4300000732	Alceu Lopes Souza	115	95	1.2	6.5	Doméstico	2174	1413	Rosário do Sul	Livre	Tubular	228608	6694214	88.5
145	4300000733	José M. Rocha Filho	105	130	1.2	18	Doméstico	181	117.7	Rosário do Sul	Livre	Tubular	224800	6693935	112
146	4300000734	Ari Machado	49	105	0.8	11	Doméstico	34	22.1	Rosário do Sul	Livre	Tubular	228820	6686638	94
147	4300000735	Cond. Stª Leocádia	4	128	0.8	2	Doméstico	19	12.35	Rosário do Sul	Livre	Escavado	222618	6683434	126
148	4300000736	oão Carlos Guido	108	105	0.8	31	Doméstico	102	66.3	Rosário do Sul	Livre	Tubular	230609	6682614	74
149	4300000737	Odacir Madezan	152	110	1	12	Doméstico	511	332.2	Rosário do Sul	Livre	Tubular	217603	6691721	98
150	4300000738	Arioly Barcellos	94	130	2	12.2	Doméstico	333	216.5	Rosário do Sul	Livre	Tubular	211212	6694731	117.8
151	4300000740	Valentin Camponogara	56	69	4	7	Irrigação	533	346.5	Aluvião	Livre	Tubular	245608	6709621	62
152	4300000742	Cassildo Rocha	140	105	1	27.5	Doméstico	2545	1654	Rosário do Sul	Livre	Tubular	215904	6695129	77.5
153	4300000743	Paulo R.Pereira	11	107	0	7	Doméstico	35	22.75	Rosário do Sul	Livre	Escavado	218816	6696837	100

154	4300000744	Domingos Crosseti	120	110			Outros			Rosário do Sul	Livre	Tubular	221210	6694616	110
156	4300000745	Atilio Rossatto	140	110	5	16.1	Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	230622	6692013	93.9
157	4300000746	Domintos Crosseti	10	110	0	7.5	Doméstico	213	138.5	Rosário do Sul	Livre	Escavado	221204	6694832	102.5
158	4300000747	Nativo Ribeiro	5	105	0	3	Doméstico	105	68.25	Rosário do Sul	Livre	Escavado	220626	6701813	102
159	4300000748	Manuel F. Silva	1.5	120	0	0.5	Doméstico	124	80.6	Rio do Rasto	Livre	Coletor	225240	6682723	119.5
160	4300000749	Florencio Dellamea	110	125	1.5	21.1	Doméstico	318	206.7	Rosário do Sul	Livre	Tubular	220981	6683423	103.9
161	4300000750	Darci Marchezan	206	90	1	22	Irrigação	176	114.4	Rio do Rasto	Livre	Tubular	215412	6680816	68
162	4300000751	Antonio Borges	97	105	1	12	Doméstico	213	138.5	Rosário do Sul	Livre	Tubular	216424	6684440	93
163	4300000752	João Borges	126	90	1	6.5	Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	213315	6688221	83.5
164	4300000753	João Borges	12	90	0	10	Doméstico	477	310.1	Rosário do Sul	Livre	Escavado	213210	6688125	80
165	4300000754	José Joaquin Silveira	72	95	1.2	18.8	Doméstico	124	80.6	Rosário do Sul	Livre	Tubular	210706	6686334	76.2
166	4300000755	José Caneda	102	90	3	21	Irrigação	958	622.7	Rosário do Sul	Livre	Tubular	210516	6690521	69
167	4300000756	José Manuel	94	75	0.8	16	Doméstico	2233	1451	Rosário do Sul	Livre	Tubular	231824	6690040	59
168	4300000757	Cirineu Rocha	200	85	1.5	0.2	Doméstico	2225	1446	Rosário do Sul	Livre	Tubular	214124	6700631	84.8
169	4300000758	Antônio Pelegrini	135	90	1.2	6	Doméstico	3129	2034	Rosário do Sul	Livre	Tubular	230615	6696728	84
170	4300000759	Manuel P. Xavier	9.5	95	0	8.6	Doméstico	102	66.3	Aluvião	Livre	Escavado	225011	6698440	86.4
171	4300000760	Luiz Carlos Bira	94	65	1	19	Doméstico	2607	1695	Rosário do Sul	Livre	Tubular	243206	6691326	46
172	4300000761	José S. Pereira	80	70	1	19	Doméstico	72	46.8	Rosário do Sul	Livre	Tubular	299001	6689027	51
173	4300000778	Silvio Mortari	91	120	0		Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	239424	6700327	
174	4300000779	Manoel José Pena	120	90	0		Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	244914	6697620	
175	4300000780	Manoel Xavier	173	95	0		Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	250321	6696140	
176	4300000784	Garibaldi Rossatto	60	195	1	20.5	Doméstico	74	48.1	Serra Geral	Confinado	Tubular	223125	6722523	174.5
177	4300000785	Ernesto Braidá	0	200	3	0	Doméstico	90	58.5	Serra Geral	Confinado	Nascente	222912	6724613	200

178	430000786	Lídia Pauletto	55	190	2.2	6	Doméstico	186	120.9	Serra Geral	Confinado	Tubular	222612	6725839	184
179	4300001031	Amadeu de Pelegrini	0	450	0.2		Doméstico	19	12.35	Serra Geral	Confinado	Nascente	213325	6727640	
180	4300001032	Helena Londero	111	95	0.5	14	Doméstico	500	325	Rosário do Sul	Livre	Tubular	227420	6694131	81
181	4300001033	Jorge	172	130	0		Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	223301	6693130	
182	4300001034	UFSM	51	87	31.5	13.07	Urbano			Rosário do Sul	Livre	Tubular	237013	6709114	73.3
183	4300001037	João Cursio	121	108	16	12	Urbano			Rosário do Sul	Livre	Tubular	237619	6708512	96
184	4300001038	Sr. Dunga	140	70			Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	230314	6691420	70
185	4300001039	Minist. da Aeronáutica	130	108	0	0	Doméstico			Rosário do Sul	Livre	Tubular	214905	6705829	108
186	4300001042	Roberto Teixeira	8	50			Doméstico	1042	677.3	Aluvião	Livre	Escavado	233512	6696921	50
187	4300001043	Madalena Londero	130	90	1	0	Doméstico	3200	2080	Rosário do Sul	Livre	Tubular	225919	6695411	90
188	4300001044	Paulo Xisto	85	148	0.4	15	Doméstico	350	227.5	Rosário do Sul	Livre	Tubular	216408	6705929	133
189	4300001045	Marciano Flores	12	110	1	9.5	Doméstico	450	292.5	Rosário do Sul	Livre	Escavado	233524	6700927	100.5
190	4300001252		100	90	9.1	17.54	Doméstico	68	44.2	Santa Maria	Confinado	Tubular	237354	6709461	72.46
191	4300001253	UFSM	90	90	9.9	9.1	Doméstico			Santa Maria	Confinado	Tubular	237426	6709833	80.9
192	4300001254	UFSM	103	110	10.6	9	Doméstico	0		Santa Maria	Confinado	Tubular	237523	6709149	101
193	4300001784	Minist. da Aeronáutica	80	80	15.7	25	Urbano			Rosário do Sul	Livre	Tubular	239291	6706160	55
194	4300001785	Minist. da Aeronáutica	85	90	18.46	25.3	Urbano	0		Rosário do Sul	Livre	Tubular	239262	6700708	64.7

## Notas:

Prof.: Profundidade  
N.E: Nível Estático  
C. E.: Condutividade Elétrica  
SUP.  
POT.: Superfície Potenciométrica

ANEXO 2: Quadro de índice da vulnerabilidade 171 poços de Santa Maria-  
RS

Poço	Sigla do Poço	Litologia	Nota	Tipo de Aquífero	Nota	N. E. (m)	Nota	Índice de Vulnerab.	Vulnerabilidade	Classes
1	4300000556	Rosário do Sul	0.7	Livre	0.2	40	0.7	0.09	Desprezível	1
2	4300000557	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	59	0.6	0.42	Média	3
3	4300000558	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	23.07	0.7	0.49	Média	3
4	4300000559	Aluvião	0.7	Livre	1	12.5	0.8	0.56	Alta	4
5	4300000560	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	40	0.7	0.49	Média	3
6	4300000561	Rosário do Sul	0.7	Livre	10	1.5	0.9	0.63	Alta	4
7	4300000562	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	14.38	0.8	0.56	Alta	4
8	4300000563	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	1.5	0.9	0.63	Alta	4
9	4300000564	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	60	0.6	0.42	Média	3
10	4300000565	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	56.6	0.6	0.42	Média	3
11	4300000566	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	47	0.7	0.49	Média	3
12	4300000567	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	31	0.7	0.49	Média	3
13	4300000568	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	33	0.7	0.49	Média	3
14	4300000569	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	1.5	0.9	0.63	Alta	4
15	4300000570	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	1.2	0.9	0.63	Alta	4
16	4300000571	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	0.5	0.9	0.63	Alta	4
17	4300000572	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	1.6	0.9	0.63	Alta	4
18	4300000573	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	35.23	0.7	0.49	Média	3
19	4300000574	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	6	0.9	0.63	Alta	4
21	4300000575	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	9.37	0.8	0.56	Alta	4
22	4300000576	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	14.65	0.8	0.56	Alta	4
23	4300000578	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	12	0.8	0.56	Alta	4
24	4300000579	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	0	0.9	0.63	Alta	4
25	4300000583	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	50.45	0.6	0.42	Média	3
26	4300000584	Aluvião	0.7	Livre	1	14.87	0.8	0.56	Alta	4
27	4300000585	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	54.2	0.6	0.42	Média	3
28	4300000586	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	56.25	0.6	0.42	Média	3
29	4300000587	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	31.7	0.7	0.49	Média	3
30	4300000588	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	20	0.7	0.49	Média	3
31	4300000589	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	38.4	0.7	0.49	Média	3
32	4300000590	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	25.6	0.7	0.49	Média	3
33	4300000592	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	47.6	0.7	0.49	Média	3
34	4300000593	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	15.2	0.8	0.56	Alta	4
35	4300000594	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	3.35	0.9	0.63	Alta	4
36	4300000595	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	6.1	0.8	0.56	Alta	4
37	4300000596	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	20	0.7	0.49	Média	3
38	4300000597	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	0	0.9	0.63	Alta	4
39	4300000604	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	52	0.6	0.42	Média	3
40	4300000605	Aluvião	0.7	Livre	1	25	0.7	0.49	Média	3
41	4300000606	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	34	0.7	0.49	Média	3
42	4300000607	Aluvião	0.7	Livre	1	0.1	0.9	0.63	Alta	4
43	4300000608	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	5.3	0.8	0.56	Alta	4
44	4300000610	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	3.4	0.9	0.63	Alta	4
45	4300000611	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	13	0.8	0.56	Alta	4
46	4300000612	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	8	0.8	0.56	Alta	4
47	4300000613	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	20	0.7	0.49	Média	3
48	4300000614	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	0	0.9	0.63	Alta	4

49	4300000616	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	26.1	0.7	0.49	Média	3
50	4300000617	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	0.4	0.9	0.63	Alta	4
51	4300000618	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	23.8	0.7	0.49	Média	3
52	4300000619	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	54	0.6	0.42	Média	3
53	4300000620	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	39	0.7	0.49	Média	3
54	4300000621	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	8.6	0.8	0.56	Alta	4
55	4300000622	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	6.4	0.8	0.56	Alta	4
56	4300000623	Serra Geral	0.6	Confinado	0.2	27	0.7	0.084	Desprezível	1
57	4300000624	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	0	0.9	0.63	Alta	4
58	4300000626	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	22	0.7	0.49	Média	3
59	4300000628	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	35.7	0.7	0.49	Média	3
60	4300000629	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	29	0.7	0.49	Média	3
61	4300000630	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	14	0.8	0.56	Alta	4
62	4300000631	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	0	0.9	0.63	Alta	4
63	4300000633	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	49.8	0.6	0.42	Média	3
64	4300000634	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	26.9	0.7	0.49	Média	3
65	4300000635	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	0	0.9	0.63	Alta	4
66	4300000636	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	7.5	0.8	0.56	Alta	4
67	4300000637	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	53.4	0.6	0.42	Média	3
68	4300000638	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	18.7	0.8	0.56	Alta	4
69	4300000639	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	17	0.8	0.56	Alta	4
70	4300000640	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	5	0.9	0.63	Alta	4
71	4300000641	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	8	0.8	0.56	Alta	4
72	4300000642	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	3.5	0.9	0.63	Alta	4
73	4300000643	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	4	0.9	0.63	Alta	4
74	4300000646	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	14.5	0.9	0.63	Alta	4
75	4300000647	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	14.5	0.8	0.56	Alta	4
76	4300000648	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	22	0.9	0.63	Alta	4
77	4300000649	Serra Geral	0.6	Confinado	0.2	0	0.9	0.1	Baixa	2
78	4300000651	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	10.4	0.8	0.56	Alta	4
79	4300000652	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	13	0.8	0.56	Alta	4
80	4300000653	Aluvião	0.7	Livre	1	0.5	0.9	0.63	Alta	4
81	4300000654	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	28	0.7	0.49	Média	3
82	4300000655	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	41.7	0.6	0.42	Média	3
83	4300000657	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	10.9	0.8	0.56	Alta	4
84	4300000658	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	9	0.8	0.56	Alta	4
85	4300000659	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	4	0.9	0.63	Alta	4
86	4300000660	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	19	0.8	0.56	Alta	4
87	4300000662	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	7.1	0.8	0.56	Alta	4
88	4300000664	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	6	0.8	0.56	Alta	4
89	4300000665	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	0	0.9	0.63	Alta	4
90	4300000666	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	1.5	0.9	0.63	Alta	4
91	4300000667	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	16	0.8	0.56	Alta	3
92	4300000668	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	30	0.7	0.49	Média	3
93	4300000669	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	6	0.8	0.56	Alta	4
94	4300000670	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	1.5	0.9	0.63	Alta	4
95	4300000671	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	0.5	0.9	0.63	Alta	4
96	4300000672	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	6	0.8	0.56	Alta	4
97	4300000673	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	7	0.8	0.56	Alta	4

98	4300000674	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	13	0.8	0.56	Alta	4
99	4300000676	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	9.6	0.8	0.56	Alta	4
100	4300000677	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	9	0.8	0.56	Alta	4
101	4300000678	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	2	0.9	0.63	Alta	4
102	4300000679	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	19.6	0.8	0.56	Alta	4
103	4300000680	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	16.8	0.8	0.56	Alta	4
104	4300000681	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	3	0.9	0.63	Alta	4
105	4300000682	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	1.5	0.9	0.63	Alta	4
106	4300000683	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	12	0.8	0.56	Alta	4
107	4300000694	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	9.5	0.8	0.56	Alta	4
108	4300000699	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	24.5	0.7	0.49	Média	3
109	4300000705	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	14.5	0.8	0.56	Alta	4
110	4300000706	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	51.6	0.6	0.42	Média	3
111	4300000707	Aluvião	0.7	Livre	1	3	0.9	0.63	Alta	4
112	4300000708	Aluvião	0.7	Livre	1	0	0.9	0.63	Alta	4
113	4300000711	Aluvião	0.7	Livre	1	10	0.8	0.56	Alta	4
114	4300000712	Botucatu	0.8	Livre	1	0.2	0.9	0.72	Extrema	5
115	4300000713	Botucatu	0.7	Livre	1	13	0.8	0.56	Alta	4
116	4300000714	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	8	0.8	0.56	Alta	4
117	4300000715	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	2	0.9	0.63	Alta	4
118	4300000716	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	9	0.8	0.56	Alta	4
119	4300000717	Aluvião	0.7	Livre	1	32	0.7	0.49	Alta	4
120	4300000718	Aluvião	0.7	Livre	1	2	0.9	0.63	Alta	4
121	4300000719	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	35	0.7	0.49	Média	3
122	4300000720	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	5	0.8	0.56	Alta	4
123	4300000721	Aluvião	0.7	Livre	1	4	0.9	0.63	Alta	4
124	4300000722	Aluvião	0.7	Livre	1	5.5	0.8	0.56	Alta	4
125	4300000723	Aluvião	0.7	Livre	1	20	0.7	0.49	Média	3
126	4300000724	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	17.5	0.8	0.56	Alta	4
127	4300000725	Aluvião	0.7	Livre	1	13	0.8	0.56	Alta	4
128	4300000730	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	3	0.9	0.63	Alta	4
129	4300000731	Botucatu	0.8	Livre	1	14.7	0.8	0.64	Alta	4
130	4300000732	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	6.5	0.8	0.56	Alta	4
131	4300000733	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	18	0.8	0.56	Alta	4
132	4300000734	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	11	0.8	0.56	Alta	4
133	4300000735	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	2	0.9	0.63	Alta	4
134	4300000736	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	31	0.7	0.49	Média	3
135	4300000737	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	12	0.8	0.56	Alta	4
136	4300000738	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	12.2	0.8	0.56	Alta	4
137	4300000740	Aluvião	0.7	Livre	1	7	0.8	0.56	Alta	4
138	4300000742	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	27.5	0.7	0.49	Média	3
139	4300000743	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	7	0.8	0.56	Alta	4
140	4300000745	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	16.1	0.8	0.56	Alta	4
141	4300000746	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	7.5	0.8	0.56	Alta	4
142	4300000747	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	3	0.9	0.63	Alta	4
143	4300000748	Rio do Rasto	0.7	Livre	1	0.5	0.9	0.63	Alta	4
144	4300000749	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	21.1	0.7	0.49	Média	3
145	4300000750	Rio do Rasto	0.7	Livre	1	22	0.7	0.49	Média	3
146	4300000751	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	12	0.8	0.56	Alta	4

147	4300000752	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	6.5	0.8	0.56	Alta	4
148	4300000753	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	10	0.8	0.56	Alta	4
149	4300000754	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	18.8	0.8	0.56	Alta	4
150	4300000755	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	21	0.7	0.49	Média	3
151	4300000756	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	16	0.8	0.56	Alta	4
152	4300000757	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	0.2	0.9	0.63	Alta	4
153	4300000758	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	6	0.8	0.56	Alta	4
154	4300000759	Aluvião	0.7	Livre	1	8.6	0.8	0.56	Alta	4
155	4300000760	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	19	0.8	0.56	Alta	4
156	4300000761	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	19	0.8	0.56	Alta	4
157	4300000784	Serra Geral	0.6	Confinado	0.2	20.5	0.6	0.09	Desprezível	1
158	4300000785	Serra Geral	0.6	Confinado	0.2	0	0.6	0.16	Baixa	2
159	4300000786	Serra Geral	0.6	Confinado	0.2	6	0.8	0.11	Desprezível	1
160	4300001031	Serra Geral	0.6	Confinado	0.2	0	0.9	0.16	Baixa	2
161	4300001032	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	14	0.8	0.56	Alta	4
162	4300001034	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	13.07	0.8	0.56	Alta	4
163	4300001037	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	12	0.8	0.56	Alta	4
164	4300001040	Serra Geral	0.6	Confinado	0.2	0	0.7	0.16	Baixa	2
165	4300001044	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	15	0.8	0.56	Alta	4
166	4300001045	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	9.5	0.8	0.56	Alta	4
167	4300001252	Rosário do Sul	0.7	Livre	0.2	17.54	0.8	0.08	Desprezível	1
168	4300001253	Rosário do Sul	0.7	Livre	0.2	9.1	0.8	0.1	Baixa	2
169	4300001254	Rosário do Sul	0.7	Livre	0.2	9	0.7	0.08	Desprezível	1
170	4300001784	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	25	0.7	0.49	Média	3
171	4300001785	Rosário do Sul	0.7	Livre	1	25.3	0.7	0.49	Média	3

ANEXO 3: Quadro de 39 postos de combustíveis, 3 lava-rápido de Camobi  
no município de Santa Maria-RS

**Quadro de 39 Postos de Combustíveis e 3 Lava -rápidos de Camobi no Município de Santa Maria-RS**

<b>Nº do Posto</b>	<b>Razão Social</b>	<b>Endereço</b>	<b>Formação</b>	<b>Comportamento Hidrológico (**)</b>	<b>Possui Poço</b>	<b>UTM E</b>	<b>UTM N</b>
1	C. de Comb. Mattos David Ltda	R. Maranhão	Rosário do Sul	Perm. moderada a baixa	Sim	221905	6711878
2	V. J. Pillon e Cia Ltda	R. P. Cezar Sacoöl	Rosário do Sul	Perm. moderada a baixa	Sim	221967	6712223
3	Posto Rodalex 2	BR 158	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	224607	6710566
4	C. de Comb. Padoin Ltda	R. Nelson Jobim	Depósitos Aluviais	Semi-impermeável	Sim	225498	6711056
5	Alto Posto Botencourt	Presidente Vargas	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	227385	6711468
6	Alto Posto rodalex Ltda	Presidente Vargas	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	226436	6710959
7	J. H. Combustíveis	Presidente Vargas	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	226681	6711070
8	Fogiatto e Fogiatto Ltda	Ernesto Becker	Caturita	Permeabilidade alta	Sim	228241	6713480
9	Cezar e Gomes C. Comb. Ltda	Manoel Ribas	Caturita	Permeabilidade alta	Sim	228095	6713589
10	Dismab Dist. Stª Mariense	Sete de Setembro	Caturita	Permeabilidade alta	Sim	228054	6714073
11	Mercantil Cristal Ltda	Assis Brasil	Caturita	Permeabilidade alta	Sim	228968	6713845
12	Miotti e Lima	André Marques	Caturita	Permeabilidade alta	Sim	228629	6712805
13	RRV Com. de Comb. Ltda	Pinheiro Machado	Caturita	Permeabilidade alta	Sim	228435	6712152
14	JN Com. de Combustíveis	Fernando Ferrari	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	229254	6711655
15	Peninha Auto Posto Ltda	Venâncio Aires	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	225941	6712312
16	Niotti e Lima	Barão do Triunfo	Caturita	Permeabilidade alta	Sim	227527	6712532
17	Padre Reus C. de Comb . Ltda	Borges de Medeiros	Caturita	Permeabilidade alta	Sim	226937	6712699
18	M. Rui e Cia Ltda	Borges de Medeiros	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	226734	6713187
19	Weissheimer e Veigas Ltda	Borges de Medeiros	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	227192	6711725
20	Siqueira e Fogiatto Ltda	Ângelo Bolson	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	227398	6710867
21	Auto Posto Bitencourt Ltda	Ângelo Bolson	Santa Maria	Semi-impermeável	Não	227469	6710831
22	Stª Maria Pneus e Assessórios	Medianeira	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	227552	6710840
23	Auto Posto Medianeira Ltda	Medianeira	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	227979	6711208
24	Dutra Auto Posto Ltda	Medianeira	Caturita	Permeabilidade alta	Sim	228500	6711721
25	Coop. Condu. Veíc. Rod. Stª Mª Ltda	Medianeira	Caturita	Permeabilidade alta	Sim	228567	6711707
26	Pedro Mafini e Filhos	Medianeira	Caturita	Permeabilidade alta	Não	229003	6712248

27	Com. e Comb. Stº Amaro Ltda	Dores	Caturita	Permeabilidade alta	Sim	229456	6712398
28	Volmar Peixoto e Cia Ltda	Dores	Caturita	Permeabilidade alta	Sim	229735	6712427
29	Stª Lúcia Com. e Pav. Ltda	João Luiz Pozzobon	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	231421	6711836
30	Hübner e Cia Ltda	João Luiz Pozzobon	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	231396	6711782
31	Stª Lúcia Com. e Pav. Ltda	BR 392	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	228441	6708716
32	Com. De Comb. Weber Ltda	BR 392	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	228559	6708724
33	Comb. Cunha Ltda	RST 287	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	229624	6706751
34	Posto Faixa Nova Ltda	RST 287	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	231036	6710368
35	Fornel e Londero Cia Ltda	RST 287	Santa Maria	Semi-impermeável	Sim	231798	6710427
36	Posto Léo Ltda	RS 509	Rosário do Sul	Perm. moderada a baixa	Sim	237747	6710992
37*	Lava-rápido	RST 287	Rosário do Sul	Perm. moderada a baixa	Sim	236935	6710804
38	Posto Texaco	RST 287	Rosário do Sul	Perm. moderada a baixa	Sim	236618	6710830
39	Posto Ipiranga	RS 509	Rosário do Sul	Perm. moderada a baixa	Sim	235929	6711349
40*	Lava-rápido	RS 509	Rosário do Sul	Perm. moderada a baixa	Sim	236801	6711204
41	Posto Ipiranga	RS 509	Rosário do Sul	Perm. moderada a baixa	Sim	236888	6711200
42*	C/ Ernesto Pereira	RST 287	Rosário do Sul	Perm. moderada a baixa	Sim	236478	6710790

Org: GARCIA, P. G.; FACHIN, E. F. 2005

(\*): Lava-rápido

(\*\*):Obtido apartir de Maciel Filho (1990)

**ANEXO 4: Quadro de análises físico-químicas de 13 poços cadastrados em saídas de campo em Camobi no município de Santa Maria - RS**

**Quadro das análises físico-químicas dos poços cadastrados em saídas de campo em Camobi no Município de Santa Maria-RS**

Nº do Poço	Endereço	UTM E	UTM N	pH	OD (mg/L)	Temp. H <sub>2</sub> O (°C)	Temp. Ar (°C)	Prof. Poço (m)	C. E. µS/cm	STD (mg/L)	Classificação
1	RS 509- P. Leo Ipiranga	237747	6710992	8.6	8.53	24	27	92	486	315.9	Doce
2*	RST 287	236935	6710804	7.23	8.3	24.5	27	60	122	79.3	Doce
3	RST 287 Texaco	236618	6710830	7.2	5.68	26	27		131	85.15	Doce
4	RS 509 Ipiranga km 7	236888	6711200	8.49	4.12	22	25	80	445	289.3	Doce
5	RS 509 Petrobras km 6	235929	6711349	7.5	7.44	22	26		162	105.3	Doce
6	Clube Cascasta RS 509	240645	6711004	8.21	5.43	23	25		882	573.3	Salobra
7	Cem. Santa Rita RS 509	233091	6711665	8				170	180	117	Doce
8	RS 509 km 5/residencial	232208	6711920	5.46	3.28	22			72	46.8	Doce
9*	RS 509 km8	237095	6711166	8.38	5.42	22.3	30		451	293.2	Doce
10	RS 509 Automóveis TSS	236464	6711283	7.81	7.12				798	518.7	Salobra
11*	RST 287C/ Ernesto Pereira	236478	6710790	7.01	5.32	26.1	30		127	82.55	Doce
12	CTG Sent. da Querência	236730	6711012	7.32	4.73	reservatório			208	135	Doce
13	Clube Bela Vista	237066	6710403	6.32	4.07	23.1	30	100	137	86	Doce

Org: FACHIN, E. F. 2005

(\*): Lava-rápido