

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ÁGUA SUBTERRÂNEA E A SAÚDE DA  
COMUNIDADE EM BAIRRO DE SANTA MARIA –RS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Pedro Daniel da Cunha Kemerich**

**SANTA MARIA, RS, BRASIL  
2008**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**ÁGUA SUBTERRÂNEA E A SAÚDE DA COMUNIDADE EM  
BAIRRO DE SANTA MARIA –RS**

**por**

**Pedro Daniel da Cunha Kemerich**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**

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

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2008**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**ÁGUA SUBTERRÂNEA E A SAÚDE DA COMUNIDADE EM BAIRRO  
DE SANTA MARIA –RS**

elaborada por  
**Pedro Daniel da Cunha Kemerich**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

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

---

**Afrânio Almir Righes, PhD.** (UNIFRA)

---

**Rodrigo Ferreira da Silva, Dr.** (UNIFRA)

Santa Maria, 17 de dezembro de 2008.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha família e a todos que de alguma forma participaram e contribuíram para sua concretização.

## **AGRADECIMENTOS**

A meus pais José Fernando Kemerich e Sandra Kemerich por toda compreensão, apoio, carinho e ajuda em todas as situações.

A Caren Antoniazzi pela compreensão nos momentos difíceis, pelo apoio e imensa colaboração durante a realização do Mestrado.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil que de uma ou de outra forma tenham contribuído para esta conquista.

A Eliomar Balduino Pappis, secretário do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela atenção e empenho na solução de problemas.

Aos meus colaboradores diretos nesta pesquisa, que acima de tudo foram meus amigos: Valéria Assis Brasil, Anderson Veras Maciel, Marcelo Salles Dedeco, Alan Jobim, Vinicius Prates Soares, Éder Moraes Saucedo, Leônidas Descovi Filho e Professor Sérgio Roberto Mortari.

Aos meus colegas de trabalho no Centro Universitário Franciscano, em especial ao Professor Galileo Adeli Buriol pelos conselhos que contribuem para meu desenvolvimento profissional.

Ao meu orientador, Dr. José Luiz Silvério da Silva pela oportunidade de cursar o Mestrado e desenvolver este trabalho.

E sem dúvida é necessário agradecer a DEUS, pois com todo zelo me proporcionou conhecer as pessoas certas e me afastar das erradas, me guiando e me protegendo.

“Dizem que sou louco por pensar assim  
Se eu sou muito louco por eu ser feliz  
Mas louco é quem me diz  
E não é feliz, não é feliz  
Se eles são bonitos, sou Alain Delon  
Se eles são famosos, sou Napoleão  
Mas louco é quem me diz  
E não é feliz, não é feliz  
Eu juro que é melhor  
Não ser o normal  
Se eu posso pensar que Deus sou eu”  
(Arnaldo Baptista e Rita Lee)

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Universidade Federal de Santa Maria

### ÁGUA SUBTERRÂNEA E A SAÚDE DA COMUNIDADE EM BAIRRO DE SANTA MARIA-RS

AUTOR: PEDRO DANIEL DA CUNHA KEMERICH

ORIENTADOR: JOSÉ LUIZ SILVERIO DA SILVA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 17 de dezembro de 2008.

No presente trabalho teve-se como objetivo cadastrar as fontes alternativas de abastecimento de água existentes no Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, avaliar a qualidade física – química e bacteriológica da água dessas fontes, determinar a vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea, identificar a ocorrência de doenças de veiculação hídrica na comunidade e fornecer subsídios para o uso e gestão consciente dos recursos hídricos subterrâneos. O cadastramento dos usuários de fontes alternativas foi realizado por meio de visitas às residências, levantando-se número e tipos de poços, localizações em coordenadas UTM, níveis estáticos e suas situações construtivas e de manutenção. Aplicou-se, ainda, em cada residência questionários a fim de obter informações sócio-ambientais a respeito dos usuários destas fontes alternativas. Foram coletadas amostras de água dos poços tubulares, poços escavados e das fontes nascentes para determinação da qualidade. A metodologia “GOD” foi utilizada para a definição dos índices de vulnerabilidade das diferentes áreas representadas pelas unidades geomorfológicas. Para identificar doenças de veiculação hídrica, fez-se a coleta e análise de sangue e fezes dos moradores do bairro e ao final foi distribuída uma cartilha sobre os cuidados necessários para com a água subterrânea. Foram observados diversos poços que apresentaram não conformidades de construção e/ou conservação conforme a NBR 12224/2006, fatores preocupantes que podem gerar a contaminação da água subterrânea. Dentre os poços analisados, os escavados foram os que mais ultrapassaram o valor máximo permitido para o parâmetro cor, o total de 13,63% estavam acima do estabelecido como máximo na Portaria n.º 518/2004. No parâmetro turbidez 18,18% das amostras encontram-se acima do VMP recomendado na Portaria n.º 518/2004. O pH das amostras de água teve uma variação ampla entre 4,24 a 8,2 enquanto a faixa de variação estabelecida pela Portaria n.º 518 do Ministério da Saúde é de 6,0 à 9,5. No que diz respeito à dureza das águas, a variação de sua concentração foi de 4,96 a 800,57 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, sendo que a Portaria n.º 518/2004, classifica como potáveis as que apresentam valores inferiores a 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Os valores de concentração de sódio nas amostras de água variaram de 2 a 112mg/L, ficando abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria n.º 518/2004 que é 200mg/L. Com relação aos resultados obtidos na determinação de Coliformes Totais, 43,18% das fontes alternativas apresentaram contaminação e 40,90% apresentaram contaminação por coliformes fecais. Nos poços escavados constatou-se vulnerabilidade natural à contaminação variando de média a alta, enquanto que nas fontes/nascentes a vulnerabilidade foi desprezível. A análise das amostras de sangue coletadas dos usuários de fontes alternativas de abastecimento, revelou 0% de positividade com relação à Hepatite A e as amostras de fezes não apresentaram existência de cistos, ovos e larvas de parasitas. Em função dos resultados conclui-se que é importante o monitoramento constante da qualidade da água nas comunidades usuárias das fontes alternativas, evitando assim problemas relacionados à saúde humana.

Palavras-Chave: Fontes Alternativas; Vulnerabilidade; Contaminação; Aquífero.

## ABSTRACT

Dissertation of Mastership  
Civil Engineering Post-Graduation Program  
Federal University of Santa Maria

### UNDERGROUND WATER AND THE COMMUNITY HEALTH OF NEIGHBORHOOD IN SANTA MARIA – RS

AUTHOR: PEDRO DANIEL DA CUNHA KEMERICH

ADVISOR: JOSÉ LUIZ SILVERIO DA SILVA

Location and date of defense: Santa Maria - December 17<sup>th</sup>, 2008.

The objective of the present work was to make a cadaster of water supply alternative sources in Nossa Senhora do Perpétuo Socorro neighborhood, assess the water physical-chemical and bacteriological quality of these sources, generate theme maps emphasizing the vulnerability to the underground water contamination, identify the occurrence of diseases from the hydric transmission in the community, and provide subsidies for the aware use and management of the underground resources. The alternative source users' cadaster was carried out through visits to their residences, noting the well number and types, location in UTM coordinates, static levels, and their building and maintenance situations. It was still applied questionnaires in each residence in order to obtain social-environmental data regarding the users of these alternative sources. Samples from the tubular wells, excavated wells and nascents found functioning were collected for determining the water quality. The "GOD" methodology was utilized for defining the vulnerability indices of the different areas represented by geo-morphological units. To identify hydric transmission diseases, the neighborhood residents' blood and feces collect and analysis was done. At last, a first book about the necessary cares with the underground water was delivered. Several wells which presented non accordance of construction and/or according to the NBR 12224/2006 were observed. These are worrying factors that can generate the underground water contamination. Among the analyzed wells, those excavated were the ones that more surpassed the maximum value permitted for the parameter color. In total 13.63% were over the established as maximum in the Governmental Directive n°. 518/2004. In the muddiness parameter 18.18% of the samples are over the VMP recommended in the Directive 518/2004. The pH of the water samples had a wide variation between 4.24 to 8.2, while the variation range established by Directive 518 of the Ministry of Health is from 6.0 to 9.5. With respect to water hardness, the variation of its concentration happened from 4.96 to 800.57mg/L of CaCO<sub>3</sub>, being that the Directive 518/2004, ranks as drinking water those that present values inferior to 500mg/L of CaCO<sub>3</sub>. The sodium concentration values in the water samples varied from 2 to 112mg/L, being under the maximum limit established by the Directive 518/2004 which is 200mg/L. In relation to the results obtained in the Total Coliform determination, 43.18% of the alternative sources showed contamination and 40.90% presented fecal coliform contamination. In the excavated wells, it was evidenced a natural vulnerability to the contamination varying from medium to high. Though, in the sources the vulnerability was worthless. Through the blood sample analysis results collected from the supplying alternative source users, one obtains 0% of positiveness in relation to the Hepatitis A and in relation to the feces sample analysis. None presented cysts, eggs and larvae of parasites. Because of the results, it was concluded that the constant water quality monitoring in the alternative source user communities is important, this way avoiding problems related to the human health.

Keywords: Alternatives Sources; Vulnerability; Contamination; Aquifer.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização do Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro.....	51
FIGURA 2 - Croqui da metodologia “GOD” para o cálculo do índice de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos.....	56
FIGURA 3 - Utilização do Teste ImmunoComb® para Hepatite A, Santa Maria (2008).....	57
FIGURA 4 - Utilização dos cálices de sedimentação ( <i>a</i> ) e o exame das laminas no microscópio ( <i>b</i> e <i>c</i> ), Santa Maria (2008).....	58
FIGURA 5 - Localização e espacialização dos poços do bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).....	61
FIGURA 6 - Cartograma do Nível estático dos 19 poços escavados, Santa Maria (2008).....	62
FIGURA 7 - Depósito de embalagens de óleo lubrificante e outros resíduos junto a poço tubular, Santa Maria (2008).....	63
FIGURA 8 - Poço escavado no nível do terreno sem vedação adequada apresentando risco potencial de contaminação, Santa Maria (2008).....	64
FIGURA 9 - Variação da superfície potenciométrica dos poços escavados e o fluxo preferencial de água subterrânea, Santa Maria (2008).....	65
FIGURA 10 - Variação da cota altimétrica dos poços e fontes nascentes, Santa Maria (2008).....	66
FIGURA 11 - Cartograma da variação dos valores de Cor na água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).....	69
FIGURA 12 - Cartograma da variação dos valores de Sólidos Totais Dissolvidos na água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).....	70
FIGURA 13 - Cartograma da variação dos valores de Turbidez na água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).....	72

FIGURA 14 - Cartograma da variação dos valores de pH na água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).....	74
FIGURA 15 - Cartograma de variação da alcalinidade na água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).....	76
FIGURA 16 - Cartograma da variação dos valores de Potássio na água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).....	78
FIGURA 17 - Cartograma da variação dos valores de Magnésio na água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).....	79
FIGURA 18 - Utilização de poço escavado e fonte nascente, respectivamente, Santa Maria (2008).....	87
FIGURA 19 - Cartograma de vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).....	91

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 – Metodologias utilizadas para a determinação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água subterrânea.....	54
QUADRO 2 - Frequência da altitude dos Poços escavados.....	67
QUADRO 3 - Frequência da altitude dos Poços tubulares.....	67

## **LISTA DE APÊNDICES**

<b>APÊNDICE A</b> – Planilha de Cadastramento dos Poços.....	107
<b>APÊNDICE B</b> – Questionário Sócio-Ambiental.....	108
<b>APÊNDICE C</b> – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	111
<b>APÊNDICE D</b> – Cartilha “Água Subterrânea e a Saúde da Comunidade”.....	113

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	17
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	17
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	17
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
<b>3.1 Situação dos recursos hídricos</b> .....	18
<b>3.2 Panorama histórico nacional</b> .....	19
<b>3.3 Abordagem das águas subterrâneas nas legislações vigentes em nível nacional</b> .....	21
<b>3.4 Abordagem das águas subterrâneas nas legislações vigentes no estado do Rio Grande do Sul</b> .....	23
<b>3.5 Gestão dos recursos hídricos</b> .....	26
<b>3.6 Sistemas hidrogeológicos e aquíferos</b> .....	28
3.6.1 Províncias hidrogeológicas.....	32
3.6.2 Captação das águas subterrâneas.....	34
<b>3.7 Qualidade das águas subterrâneas</b> .....	37
3.7.1 Principais constituintes iônicos da água subterrânea.....	42
3.7.2 Principais constituintes biológicos da água subterrânea.....	44
<b>3.8 Vulnerabilidades do aquífero</b> .....	45
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	49
<b>4.1 Caracterização da área</b> .....	49
<b>4.2 Cadastramento das fontes alternativas de abastecimento, condições de uso e informações sócio-ambientais</b> .....	52
<b>4.3 Descrição do método de amostragem de água</b> .....	52
<b>4.4 Descrição dos métodos de análise física, química e bacteriológica</b> .....	53
<b>4.5 Classes de vulnerabilidade natural à contaminação e representação cartográfica</b> .....	54
<b>4.6 Análise de sangue e fezes da população no Bairro Perpétuo Socorro</b> .....	56
4.6.1 Hemograma e Hepatite A.....	56
4.6.2 Exame de Fezes.....	57
<b>4.7 Elaboração da cartilha</b> .....	58
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	60
<b>5.1 Localização e características das fontes alternativas de abastecimento</b> .....	60
5.1.1 Nível estático.....	60
5.1.2 Superfície potenciométrica.....	64
<b>5.2 Análises físico-químicas da água das fontes alternativas de abastecimento</b> .....	68

5.2.1 Parâmetros físicos.....	68
5.2.2 Parâmetros químicos.....	73
5.2.3 Parâmetros biológicos.....	85
<b>5.3 Condições sócio-ambientais dos usuários e das fontes alternativas de abastecimento.....</b>	<b>86</b>
<b>5.4 Doenças de veiculação hídrica.....</b>	<b>89</b>
5.4.1 Resultado das análises de sangue.....	89
5.4.2 Resultado das análises de fezes.....	89
<b>5.5 Vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea no Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro.....</b>	<b>90</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>92</b>
<b>6.1 Recomendações.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>106</b>
APÊNDICE	107
A.....	108
APÊNDICE B.....	111
APÊNDICE C.....	113
APÊNDICE	
D.....	

## 1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos, tornam-se cada vez mais escassos. A redução desse recurso é em consequência do aumento da população mundial e de sua ação antrópica no meio ambiente. Assim, a qualidade desses recursos, as reservas disponíveis e a capacidade natural de autodepuração estão sendo prejudicadas.

A crescente preocupação com os problemas ambientais tem ocupado posição de destaque na mídia e em órgãos públicos de muitos países, principalmente com a degradação dos corpos d'água. Essa preocupação não está ocorrendo por acaso, pois, há algum tempo, as sociedades estão considerando como prioritárias as questões ligadas ao meio ambiente, o que demanda respostas rápidas e adequadas aos problemas que se apresentam como a preservação, a proteção e a melhoria da qualidade das águas.

A utilização das águas subterrâneas no Brasil é realizada de forma empírica, improvisada e não controlada, resultando em problemas como: interferência entre poços, redução dos fluxos de base dos rios, impacto em áreas encharcadas e redução das descargas de fontes ou nascentes. E ainda, os poços construídos e abandonados se transformam em focos de poluição das águas subterrâneas, principalmente daqueles localizados no meio urbano (PACHECO e REBOUÇAS, 1982).

O aumento do número de postos de combustíveis, cemitérios, lixões, aterros sanitários e outros empreendimentos com grande potencial de contaminação dificultam a fiscalização pelos órgãos competentes, fazendo com que os resíduos e efluentes sejam dispostos de forma inadequada, gerando-se grande impacto ao solo e à água subterrânea. Esses problemas são agravados ainda mais pela falta de planejamento das cidades, crescimento desordenado, e falta de dados técnicos que possibilitem a tomada de decisão com relação à instalação de empreendimentos com potencial poluidor.

Com os problemas de contaminação, há a diminuição da oferta de água doce superficial de qualidade. Dessa maneira, o homem volta-se cada vez mais para a extração de água dos aquíferos subterrâneos. A justificativa para isso é o baixo custo de captação, de adução e porque na maioria das vezes não se faz necessário nenhum tipo de tratamento, pois os processos de filtração e depuração do subsolo promovem a purificação natural da água, tornando-a potável.

A Portaria n.º 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece em seus capítulos e artigos as responsabilidades por parte de quem produz a água, no caso, os sistemas de abastecimento de água e de soluções alternativas, a quem cabe o exercício de “controle de qualidade da água” e das autoridades sanitárias das diversas instâncias de governo, a quem cabe a missão de “vigilância da qualidade da água para consumo humano”. Também ressalta a responsabilidade dos órgãos de controle ambiental no que se refere ao monitoramento e ao controle das águas brutas de acordo com os mais diversos usos, incluindo o de fonte de abastecimento de água destinada ao consumo humano. Essa Portaria é um instrumento que deve ser utilizado pelas vigilâncias da qualidade da água para consumo humano e dos municípios, bem como pelos prestadores de serviço, tanto de sistemas de abastecimento de água como de soluções alternativas. A ampla difusão e a implementação dessa Portaria no país constituem um importante instrumento para o efetivo exercício da vigilância e do controle da qualidade da água para o consumo humano. Objetiva garantir a prevenção de inúmeras doenças e a promoção da saúde da população. Ainda estabelece os procedimentos e as responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Apesar das águas subterrâneas serem a maior reserva de água doce do planeta e, também possuem proteção aos impactos danosos, que podem ocorrer por ação antrópica na superfície terrestre, gerando-se poluição pontual ou difusa (FOSTER *et al.*, 2003). Isso ocorre pelo aumento das atividades humanas em áreas urbanas e rurais, tais como as industriais, as agropecuárias e as mineradoras além da contaminação dispersa, o que dificulta ainda mais a identificação e localização das fontes poluidoras.

Além disso, o monitoramento dos mananciais subterrâneos é muito dispendioso e demorado, sendo que na maioria das vezes, a contaminação é detectada quando as substâncias nocivas surgem nos reservatórios de água, já espalhada por grande extensão, formando uma pluma de contaminação que seguirá o fluxo subterrâneo onde o empreendimento foi instalado.

A problemática dos recursos hídricos é evidente nos dias de hoje. Isso demonstra a necessidade de melhor tratamento para com esse bem indispensável à vida na Terra. Visando conhecer melhor as ocorrências, as potencialidades, os riscos de contaminação e a vulnerabilidade natural dos recursos hídricos subterrâneos, o Laboratório de Hidrogeologia-LABHIDROGEO da Universidade Federal de Santa Maria, em parceria com o Laboratório de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Franciscano – UNIFRA vêm pesquisando a região urbana e rural do município de Santa Maria. Destacam-se os trabalhos realizados por Dutra (2001), Fachin (2003), Brum (2004), Garcia (2004), Moreira (2005), Cassânego (2007), De Chaves (2008), Guimarães (2008).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral:**

Determinar a qualidade da água subterrânea e a ocorrência de doenças de veiculação hídrica nos usuários de fontes alternativas de abastecimento no Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro no Município de Santa Maria - RS.

### **2.2 Objetivos específicos:**

- Cadastrar os poços e fontes alternativas de abastecimento existentes na área em estudo;
- Avaliar a qualidade física – química e bacteriológica da água dos poços e fontes alternativas de abastecimento em atividade;
- Determinar a vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea na região do Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro;
- Identificar a ocorrência de doenças de veiculação hídrica na comunidade;
- Fornecer subsídios para o uso e a gestão consciente dos recursos hídricos subterrâneos.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Situação dos recursos hídricos

A água é aparentemente abundante, cerca de  $\frac{3}{4}$  da superfície total do planeta. Entretanto, de toda a água existente na Terra, 97,3% é salgada e 2,7% é doce. Do total de água doce disponível, 78,1% encontram-se nas geleiras e 21,5% correspondem aos reservatórios de águas subterrâneas (PAIVA *et al.*, 2001). Apenas 1% da água doce disponível é considerada adequada às necessidades do homem e encontra-se distribuída em pequena porcentagem em rios e lagos, sendo que desse 1%, a maior parte (0,6%) é de águas subterrâneas (Instituto Geológico Mineiro – IGM, 2001).

Segundo estimativas da Unesco (Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura – 1992), no período de 1970 a 1975 foram perfurados no mundo cerca de 300 milhões de poços. Essas obras fornecem água subterrânea para o abastecimento de mais de 50% da população do planeta e para irrigação de aproximadamente 90 milhões de hectares. No Brasil, a falta de controle na utilização da água subterrânea provavelmente não permite fazer estimativas sem erros significativos (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

O impacto ambiental que decorre da contaminação das águas subterrâneas vem preocupando as pessoas, não só pelo problema da degradação qualitativa, como também pela série de impactos à saúde humana e ao meio ambiente. Quando a contaminação ocorre, a remoção é mais difícil do que nas águas superficiais, podendo em alguns casos, tornar-se irreversível. Isso se deve ao lento movimento das águas subterrâneas, sobre tudo em camadas de materiais finos, intercaladas em formações de permeabilidade mais alta e fenômenos de adsorção e trocas iônicas na superfície da matriz sólida. Tais fenômenos são significativos quando existem materiais argilosos presentes no aquífero (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Os aquíferos contaminados não podem ser recuperados, e devido a essa situação, prevenir a contaminação é melhor que remedia-la. Assim, para os recursos hídricos, a preservação consiste em estabelecer programas eficientes de proteção dos aquíferos,

controlando as atividades humanas, planejando e ordenando a ocupação e o uso do solo (HIRATA *et al.*, 1997).

Entretanto, implementar um sistema de proteção das águas subterrâneas contra qualquer evento poluidor é tarefa difícil, pois envolve conceitos complexos e ainda não totalmente conhecidos.

Para Hirata *et al.*, (1997):

*“(...) os fatores que interferem na implantação de políticas de proteção das águas subterrâneas, circundam dúvidas sobre as características dos recursos hídricos subterrâneos, devido à falta de exatidão nas estimativas tanto de recarga como a de armazenamento de aquífero; incerteza sobre a escala de risco de contaminação das águas subterrâneas e problemas ocasionados pelo transporte de contaminantes; elevado número de sistemas de abastecimento urbanos, rural que, normalmente são muito vulneráveis e problemas legais relacionados com a exploração de águas subterrâneas ou com as fontes de poluição existentes, anteriores a introdução de uma nova Política de Proteção dos Aquíferos”.*

Porém, a mudança não depende unicamente dos poderes constituídos, mas do apoio da ciência e da tecnologia no desenvolvimento de métodos e procedimentos adotados para análise e avaliação dos recursos hídricos subterrâneos, tanto em seus aspectos qualitativos como quantitativos, bem como de uma tomada de consciência e valorização dos recursos hídricos subterrâneos (HASSUDA,1997).

### **3.2 Panorama histórico nacional**

No Brasil, segundo Rebouças (1999), a utilização de água subterrânea para abastecimento das populações teve grande desenvolvimento empírico no Período Colonial (1500-1822). Durante o primeiro Reinado (1822-1831), na Regência Trina (1831-1840) e no Segundo Reinado (1840-1889), a perfuração dos poços no Brasil só podia ser feita mediante autorização do governo central. Em 1916, o Código Civil Brasileiro – Art. 584 proibiu construções capazes de poluir ou inutilizar para uso ordinário, a água de poços em fonte alheia. Dispositivo de caráter protecionista.

Em 1907 foi apresentado o projeto do Código de Águas, marco fundamental ao desenvolvimento hidrelétrico que passou vinte e sete anos tramitando no Congresso Nacional, sendo sancionado pelo executivo em 1934 (Decreto 24.463 de 10 de julho de 1934). Em relação às águas subterrâneas, o Art. 96 do Código das Águas de 1934 estabelece: “o dono de

qualquer terreno poderá apropriar-se por meio de poços e galerias, das águas que existam debaixo da superfície do seu prédio, com tanto que não prejudique aproveitamentos existentes, nem derive ou desvie de seu curso natural as águas públicas dominicais, públicas de uso comum ou particulares”. Pelo exposto, a água era considerada um bem privado.

A Constituição de 18/09/1946 alterou a questão do domínio hídrico. Exclui a categoria dos rios municipais (previsto no Código das Águas); atribui à União o domínio dos lagos e quaisquer correntes de águas em terrenos do seu domínio ou que banhassem mais de um Estado, servissem de limite com outros países ou lagos e rios em terrenos do seu domínio e os que tivessem nascente e foz em território estadual.

No final da década de 50, a água subterrânea apresentava um baixo percentual de uso em relação às águas superficiais. Durante as últimas décadas do século XX, a alternativa de utilização da água subterrânea tornou-se, regra geral, a solução de mais baixo custo aos problemas de abastecimento público, industrial e até de irrigação; por isso a falta de controle no seu uso torna-se cada vez mais preocupante.

Pela Constituição Federal de 1988 todas as águas passam a ser de domínio público. São bens dos Estados (art. 26): “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes emergentes e em depósito, ressalvas, nesse caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União”. Esta constituição estabeleceu que a água subterrânea é um bem público de cada uma das Unidades da Federação. Sugere a necessidade dos Estados se articularem entre si, nos casos das formações aquíferas se estenderem por mais de uma Unidade Federal, e com a União, no caso de atingirem países vizinhos (REBOUÇAS, 1999).

A utilização das águas subterrâneas no Brasil ainda é feita de forma empírica, improvisada e não controlada, resultando em problemas como: interferência entre poços, redução dos fluxos de base dos rios, impacto em áreas encharcadas e redução das descargas de fontes ou nascentes. E ainda, os poços construídos e abandonados se transformaram em focos de poluição de águas subterrâneas, principalmente daqueles localizados no meio urbano (PACHECO e REBOUÇAS, 1982).

Segundo o IBGE (1991), 61% da população brasileira abastecem-se do manancial subterrâneo, por meio de poços profundos (43%), de poços rasos (6%) e de nascentes (12%), sendo o Estado de São Paulo o maior usuário. Na Região Nordeste do Brasil, onde a escassez é maior, dispõe-se de um número irrisório de poços. Mas deve ser lembrado que cidades com mais de um milhão de habitantes são abastecidas por poços tubulares como a cidade de Natal, João Pessoa, parte da cidade de Recife (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Na escala municipal, em recente publicação do jornal ARAZÃO (04 jul.2008, p. 08) a promotoria pública menciona a ocorrência de 6000 fontes alternativas no município de Santa Maria, isso demonstra o número elevado de usuários de poços e fontes/nascentes, o que justifica a realização de pesquisa.

### **3.3 Abordagem das águas subterrâneas nas legislações vigentes em nível nacional**

O controle pelo poder público – Federal, Estadual e Municipal – em prol do uso e proteção das águas subterrâneas foi previsto nos seus artigos 97 a 101 do *Código das Águas de 1934*, contudo nunca foi aplicado. Todavia, fosse avançado para a época em que surgiu, o Código das Águas de 1934 não foi complementado pelas leis e pelos regulamentos nele previstos, principalmente no que se refere ao uso e proteção das águas subterrâneas. Mesmo nos aspectos referentes às águas superficiais, tendo-se uma legislação geradora de conflitos entre o setor hidrelétrico e a irrigação de lavouras.

O *Código de Águas Minerais de 1945* (Decreto Lei n.º 7841/45) estabelecia que poderiam ser engarrafadas as águas minerais e potáveis de mesa. No artigo 3º “serão denominadas águas potáveis de mesa, as águas de composição normal provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que preencham tão somente as condições de potabilidade para a região” (ABINAM/DNPM, 2005).

O *Código de Mineração* (Decreto Lei n.º 227/67) em seu art. 5º, Inciso IX classifica entre as jazidas minerais as águas subterrâneas e fixa que as mesmas serão regidas por lei especial (art. 10º, V). A ação do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) ficou restrita ao controle de extração e envasamento da água subterrânea que é classificada como mineral ou potável de mesa. O termo mineral é utilizado também em fins balneoterápicos.

A divergência da legislação das águas no Brasil foi constatada quando a Lei 6.662/79 estabeleceu a *Política Nacional de Irrigação* e transferiu para o Ministério do Interior (MINTER) a responsabilidade sobre o uso dos recursos hídricos para irrigação, que era do Ministério de Minas e Energia, por meio do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE). Embora legisle sobre a utilização de águas subterrâneas para fins de irrigação, na prática, só abrange as águas superficiais (BARTH, 1997; TOMANIK, 1999). A captação atual de água subterrânea no Brasil vem sendo realizada por meio de poços tubulares, sendo que alguns captam água de aquíferos confinados a até 2000m de profundidade. As águas

subterrâneas produzidas são quentes, minerais ou potáveis de mesa e, pela legislação em vigor, deveriam ser controladas pelo DNPM. Contudo, essas águas são livremente utilizadas, para abastecimento de cidades, indústrias ou irrigação (REBOUÇAS, 1999).

A necessidade de uma legislação específica para águas subterrâneas já era considerada pelo Código de Mineração de 1967. Também foi sentida pelos associados da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), fundada em 1978. A ABAS criou comissões para elaborar uma proposta de Lei Federal para o uso e proteção – quantitativa e qualitativa – das águas subterrâneas no Brasil. Sendo aprovado na Câmara Federal o Projeto de Lei que recebeu o número 7127/86.

Com a criação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), dos Recursos Hídricos e da Amazônia LEGAL – MMA, e da Secretaria Nacional dos Recursos Hídricos (SRH), no ano de 1995, criou-se a *Lei Federal n.º 9.433/97* que organiza o setor de planejamento e gestão dos recursos hídricos em âmbito nacional, introduzindo vários instrumentos de política das águas (COSTA, 2001).

Conforme o Art. 44 da Lei n.º 9.433/97 são algumas das competências das Agências de Água “manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação, manter cadastro dos usuários, cobrança pelo uso de recursos hídricos, gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, acompanhar a administração financeira dos recursos hídricos, celebrar convênios e contratar financiamentos, elaborar a sua proposta orçamentária e submetê-la à apreciação do respectivo comitê de Bacia Hidrográfica, propondo ao comitê o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, os valores a serem cobrados e o plano das obras de uso múltiplo de interesse comum ou coletivo”.

Em 2000, houve a necessidade da criação de um órgão nacional que gerenciasse as Agências de Água, dessa forma a *Lei n.º 9.984/00* que criou a Agência Nacional de Águas (ANA), e estabelece no art. 4º que “a atuação da ANA obedecerá aos fundamentos, objetivos e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e será desenvolvida em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos”. Embora a água subterrânea seja de domínio das Unidades da Federação, o seu uso e proteção são regulamentados pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), cuja Resolução n.º 15/01 criou a Comissão Permanente de Águas Subterrâneas.

A *Portaria Federal n.º 231* (de 31 de julho de 1998) trata sobre zonas de proteção de mananciais subterrâneos. A *Resolução n.º 9* (de 21 de junho de 2000) institui a Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas, de acordo com os critérios estabelecidos no Regime Interno do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, e destaca suas competências.

De acordo com a *Resolução n.º 15* (de 11 de janeiro de 2001) as águas meteóricas, superficiais e subterrâneas são partes integrantes e indissociáveis do ciclo hidrológico. Além da exploração das águas subterrâneas, pode implicar redução da capacidade de armazenamento dos aquíferos, redução dos volumes disponíveis nos corpos de águas superficiais e modificação dos fluxos naturais nos aquíferos.

Segundo a *Resolução n.º 16* (de 08 de maio de 2001) também estão sujeitas a outorga a extensão de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo.

A *Resolução n.º 22* (de 24 de maio de 2002) destacou as diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e aplicação de seus instrumentos; considerado no Art. 1º os usos múltiplos das águas subterrâneas, as peculiaridades de função do aquífero e os aspectos de qualidade e quantidade para a promoção do desenvolvimento social e ambientalista sustentável. Salienta no Art. 2º que os Planos de Recursos Hídricos devem promover a caracterização dos aquíferos e definir as inter-relações de cada aquífero com os demais corpos hídricos superficiais e subterrâneos e com o meio ambiente, visando à gestão sistemática e participativa das águas.

Ainda deve-se ressaltar que o Decreto Federal n.º 5440 de 04/05/2005 obriga as empresas distribuidoras ou de abastecimento público a apresentarem parâmetros mínimos de qualidade da água, tais como a turbidez, o pH, a cor, o cloro residual livre, os fluoretos, os coliformes totais e os coliformes termotolerantes (indicador utilizado para medir contaminação por bactérias de origem animal – fezes). Assim a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), que abastece parte do Bairro Perpétuo Socorro necessita apresentar aos seus usuários esses parâmetros mensalmente.

Recentemente o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA aprovou a resolução n.º 396/2008 que dispõe sobre a classificação e fornece diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, criando uma padronização específica.

### **3.4 Águas subterrâneas nas legislações vigentes no Estado do Rio Grande do Sul**

O *Código Sanitário do Estado do Rio Grande do Sul* (Decreto n.º 23.430 de 24 de outubro de 1974) aprova regulamento que dispõe a promoção, proteção e recuperação da saúde pública, envolvendo os temas poluição, água, ar, solo entre outras situações que estão diretamente ligadas à saúde pública.

No Art. 96 está disposto que nas zonas servidas por rede de abastecimento de água potável, os poços serão tolerados exclusivamente para suprimentos com fins industriais ou para uso em floricultura ou agricultura. E no Parágrafo único salienta que os poços não utilizados deverão ser aterrados até o nível do terreno.

Art. 97 – Nas zonas não dotadas de rede de abastecimento de água potável, será permitido o suprimento por fontes e poços, devendo a água ser previamente examinada e considerada de boa qualidade para fins potáveis. Parágrafo 1º - As fontes, além de boa qualidade, devem ter proteção sanitária adequada contra a infiltração de poluentes. No 2º parágrafo – Os poços, além de boa qualidade da água para fins potáveis, devem satisfazer às seguintes posições:

- a) Estarem convenientemente distanciados de fossas, sumidouros de água servida ou de qualquer fonte de contaminação;
- b) Terem as paredes estanques nos trechos em que possa haver infiltrações de águas da superfície;
- c) Terem bordas superiores à, no mínimo, 0,40 m (quarenta centímetros) acima do solo;
- d) Terem tampa de laje de concreto armado com caimentos para as bordas, dotada de abertura de visita com proteção contra entrada de águas pluviais;
- e) Serem dotados de bombas.

Parágrafo 3º - É proibido acumular objetos sobre as tampas de poços devendo permanecer sempre desimpedidas.

Na *Constituição do Estado do Rio Grande do Sul* (1989) no Título VI – Da Ordem Econômica, Capítulo II – Da Política de Desenvolvimento Estadual Regional, Art. 171: “Fica instituído o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, integrado ao sistema nacional de gerenciamento desses recursos, adotando as bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento e gestão com vista a promover: I - a melhoria de qualidade dos Recursos Hídricos do Estado; II – regular o abastecimento de águas às populações urbanas e rurais, às industriais e aos abastecimentos agrícolas”.

Para regulamentar o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, instituiu-se o Sistema Estadual de Recursos Hídricos pela *Lei n.º 10.350* de 30 de dezembro de 1994, tendo sua concepção estruturada a partir da análise de diferentes modelos institucionais adotados em vários países. O parágrafo único do Art. 1º reforça que a Bacia Hidrográfica é a unidade básica de intervenção, considerando os recursos hídricos como unidade do ciclo hidrológico, compreendendo as fases aéreas, superficial, e subterrânea.

A Lei estadual referente a recursos hídricos segue as mesmas diretrizes e princípios das demais legislações estaduais, porém está organizada de maneira diferenciada, apresentando avanços ao apontar explicitamente alguns aspectos não citados nas outras. Destaca-se que a “gestão dos recursos hídricos se processará no quadro de ordenamento territorial, visando à compatibilização do desenvolvimento econômico e social com a proteção do meio ambiente”. Dessa forma, explicita a interface entre a gestão da água e do uso do solo. A lei também estabelece a “integração do gerenciamento ambiental, através de Estudos de Impactos Ambientais, com abrangência regional, já na fase de planejamento das intervenções na bacia” (LEAL, 1997).

No Rio Grande do Sul, a Lei n.º 10.350/1994 estabelece que a outorga de uso dos recursos hídricos está condicionada às propriedades de uso estabelecidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos e no Plano de Bacia Hidrográfica. Isso significa que a vazão de referência poderá variar de uma bacia para outra, respeitando a particularidade de cada local. A legislação estadual relativa a recursos hídricos é adequada quando permite que os critérios adotados para preservação da integridade dos recursos hídricos evoluam com o tempo, à medida que novos estudos forem sendo consolidados (CRUZ, 2001). *O Decreto n.º 37.033*, de 21 de novembro de 1996, regulamentou a outorga, estabelecendo os critérios para concessão, “licença de uso” e “autorização”, bem como para sua dispensa.

A criação da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) em agosto de 1999 proporcionou um reordenamento dos setores responsáveis pela gestão dos recursos hídricos no Rio Grande do Sul. Também foram abrangidos por esta secretaria, o Departamento de Recursos Hídricos (DRH) e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), contribuindo, assim, para a integração das gestões qualitativas da água, pela articulação dos processos de outorga do uso da água e licenciamento ambiental (SEMA, 2006).

A implantação de Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SERH) também destacou a função das instâncias colegiais – CRH e Comitê de Bacia, consolidando uma estratégia para a sua efetivação. Assim, a representação dos comitês no CRH foi ampliada, pela *Lei n.º 11.685/01*, e também a Câmara Técnica do Conselho. No Rio Grande do Sul, foi instituído o *Código Estadual do Meio Ambiente, Lei n.º 11.520* de três de agosto de 2000, que no Art. 121 trata da proteção das águas superficiais e subterrâneas.

O Art. 133 enfoca o modo como devem ser protegidos os aquíferos ou lençol freático, fazendo com que os poços jorrantes e quaisquer perfurações no solo tenham dispositivos de segurança contra vandalismo, contaminação acidental e desperdício.

O Decreto n.º 42.047 de 26 de dezembro de 2002 regulamenta disposições da Lei 10.350/1994, e complementa o Código Estadual do Meio Ambiente do RS, abordando especificamente o gerenciamento e a conservação das águas subterrâneas e dos aquíferos no Estado do Rio Grande do Sul. Na Seção V, da Outorga, no Art. 18 – enuncia que “o uso das águas subterrâneas estaduais são passíveis de outorga nos termos do Decreto n.º 37.033/96, a qual deverá ser emitida pelo Departamento de Recursos Hídricos – DRH e pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM”.

Conforme o Art. 16, as obras destinadas à captação de águas subterrâneas e sua operação dependerão de autorização prévia para sua execução e seus usuários deverão apresentar a documentação definida em portaria específica.

Existem três Requisitos de Autorização Prévia para perfuração de poços. Esses requisitos diferem conforme a vazão desejada pelo usuário, ou seja, usuários que consomem menos de 25m<sup>3</sup>/dia, de 25 a 250m<sup>3</sup>/dia ou aqueles usuários que consomem mais de do que 250m<sup>3</sup>/dia. No primeiro caso não são exigidos vários documentos anexos ao requerimento, citando-se vazões mensais e análises físico-químicas e bacteriológicas de cada poço. Para o segundo caso, além desses documentos, eventualmente poderá ser exigido o monitoramento do poço, enquanto para o terceiro caso é obrigatório o relatório de monitoramento trimestral, onde constam alguns parâmetros mínimos de nível da água e de qualidade. Salienta-se que os poços tubulares já perfurados necessitam de todos os documentos exigidos para obter Outorga/Regularização (<http://www.sema.rs.gov.br>, 2006).

Após o usuário construir a obra de captação de água subterrânea desejada, deverá cadastrá-la no Departamento de Recursos Hídricos/SEMA, apresentando as informações técnicas necessárias, bem como permitir o acesso da fiscalização no local (Decreto n.º 42.047, 2002). Cabe salientar que no município de Santa Maria – RS não há legislação sobre o licenciamento e operação de poços.

### **3.5 Gestão dos recursos hídricos**

A gestão dos recursos hídricos é uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos (TUCCI, 1993).

A gestão de aquíferos é o conjunto de guias, normas, leis, regulamentos e atuações destinadas a sustentar, conservar, proteger, restaurar e regenerar esses aquíferos, que se deve fazer de forma compatível com a demanda a servir, com outras demandas existentes, como o meio ambiente, e com a orientação e uso do território. A gestão requer considerar os custos e benefícios diretos e indiretos, as prioridades e restrições não avaliáveis economicamente, o uso sustentável do recurso. Devem-se respeitar as normas vigentes e os direitos legais e legítimos, limitando e corrigindo abusos (CUSTÓDIO, 1994).

A Lei Federal n.º 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e estabeleceu vários princípios e diretrizes para realização da gestão das águas.

Todavia, segundo Rebouças (1997), embora muito se fale de gestão integrada, a Lei 9.433/97 coloca em destaque as águas superficiais, sem considerar sua indissociabilidade com as águas subterrâneas no ciclo hidrológico. Segundo o mesmo autor, existe uma exorbitante cultura de atualização preferencial das águas superficiais e indisfarçável desconhecimento em relação às águas subterrâneas. Esse desconhecimento, sem dúvida profundo e generalizado, gera um clima de conflito entre os especialistas e até entre os órgãos responsáveis pela gestão das águas superficiais e subterrâneas no país.

O capítulo 18 da agenda 21 do SENADO (1996) apresenta preocupação com a gestão integrada, Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos, Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e uso dos Recursos Hídricos. Também apresenta a água como um recurso finito e vulnerável, pregando a integração não só entre os recursos hídricos, mas também com os setores econômicos e sociais.

Segundo Lanna (1997), a gestão das águas deve ser constituída por uma política que estabeleça as diretrizes gerais; um Modelo de Gerenciamento que estabeleça a organização legal e institucional; e um sistema de Gerenciamento que reúna os instrumentos para o preparo e a execução do Planejamento.

Ainda de acordo com Lanna (1997), houve uma evolução dos modelos de gerenciamento das águas, passando do Modelo Burocrático (racionalidade e hierarquização) para o Modelo Econômico-Financeiro (emprego de instrumentos econômicos e financeiros), chegando ao Modelo Sistemático de Integração participativa (criação de uma estrutura sistêmica).

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos subterrâneos apresentam períodos de grande interesse e outros de total descaso, sendo os primeiros normalmente relacionados a problemas de uso e/ou contaminação dos aquíferos, com ações que expressam mais uma reação do que prevenção. Os planos gestores para as águas subterrâneas não devem ser

elaborados para um período de execução muito curto, com o medo da defasagem, nem tão longo que se converta em pura especulação. O ideal é um plano para períodos de dez a quinze anos que contenham diretrizes remodeláveis para o futuro, pois, quanto mais rígidos forem, mais vulneráveis eles serão. Devem ser priorizadas as áreas ou regiões onde as águas subterrâneas sejam mais valiosas e enfatizar os estudos hidrogeológicos, com vistas ao uso ótimo (HAGER, 2000).

A gestão do recurso hídrico subterrâneo baseado nas legislações vigentes e nas condições hidrogeológicas dos aquíferos torna-se imprescindível para sua preservação, especialmente nas regiões onde já se verifica a super-exploração (FREIRE, 2002).

### **3.6 Sistemas hidrogeológicos e aquíferos**

A expressão Sistema, do ponto de vista hidrogeológico, foi conceituada por Wrege (2006) como sendo um grupo individualizado de elementos inter-relacionados, interagindo com o meio ambiente. E Sistema Aquífero como sendo o domínio aquífero contínuo, ou seja, as partes estão contidas por limites (finito) e estão ligados hidraulicamente (dinâmico).

O caminho subterrâneo das águas é o mais lento de todos. A água de uma chuva que não se infiltrou levará poucos dias para percorrer quilômetros, enquanto que a água subterrânea poderá levar dias para percorrer poucos metros. Havendo oportunidade, esta água poderá voltar à superfície através de fontes, indo se somar às águas superficiais, ou então, voltar a se infiltrar novamente (ZIMBRES, 2006).

Segundo Manoel Filho (1997), abaixo da superfície dos terrenos, a água contida no solo e nas formações geológicas é dividida ao longo da vertical basicamente em duas zonas horizontais, saturada e não saturada, de acordo com a proporção relativa do espaço poroso que é ocupado pela água.

A água que se infiltra está submetida a duas forças fundamentais: a gravidade e a força de adesão de suas moléculas às superfícies das partículas do solo (força de capilaridade). Pequenas quantidades de água no solo tendem a se distribuir uniformemente pela superfície das partículas. A força de adesão é mais forte do que a força de gravidade que age sobre esta água. Como consequência ela ficará retida, quase imóvel, não atingindo zonas mais profundas. Chuvas finas e passageiras fornecem somente água suficiente para repor esta

umidade do solo. Para que haja infiltração até a zona saturada é necessário primeiro satisfazer esta necessidade da força capilar (TODD, 1980).

De acordo com Gregorashuck (2007), há certo consenso entre os pesquisadores de que a infiltração da água da chuva para a recarga de aquíferos é da ordem de 1 a 3% do total de precipitação anual de uma área. Já Hausman (1995) estimou para a área onde se inserem estes estudos valores em torno de 10% do total de precipitação anual como recarga de aquíferos.

A água na zona saturada (também chamada de zona de saturação) é a única água subsuperficial que está disponível para suprir poços e fontes, e é a água a qual o nome *água subterrânea* aplica-se corretamente. A zona não saturada (também chamada de insaturada, zona de aeração ou zona vadosa) é parcialmente preenchida por água, sendo de grande importância para hidrologia, pois pode ser dividida em três partes: Zona de umidade do solo (estende-se da superfície do terreno a uma máxima profundidade de um ou dois metros, sendo a zona que suporta o crescimento das plantas); Zona intermediária (a umidade existente nesta zona origina-se de água capilar isolada, fora do alcance das raízes, e água de retenção por forças não capilares), e Zona capilar (sua espessura depende principalmente da distribuição de tamanho dos poros e da homogeneidade do terreno), (HEATH, 1983).

Segundo a NBR 12212 (1992/2006), aquífero é uma formação ou grupo de formações geológicas portadoras e condutoras de água subterrânea.

Para Tucci (1993), aquífero é uma formação geológica (ou um grupo de formações) que contém água e permite que a mesma se movimente em condições naturais e em quantidade significativas.

Rebouças (1999) define que os aquíferos são corpos rochosos com características relativamente favoráveis à circulação e armazenamento de água subterrânea. Podem variar em extensão de alguns Km<sup>2</sup>, terem espessuras variadas, ocorrerem na superfície ou encontrarem-se em profundidades. Podem estar encerrados em camadas relativamente pouco favoráveis, ter porosidade, permeabilidade, intergranular ou de fraturas, podem fornecer água de excelente qualidade para consumo ou conter águas relativamente salinizadas.

Os aquíferos podem ser classificados de acordo com a pressão das águas nas suas superfícies limítrofes (superior, chamada topo, e inferior chamada base) e segundo a geologia do material saturado, descrito na zona saturada com água segundo Heath (1983).

No texto exposto por Batalha (1996), aquífero é a formação porosa (camada ou estrato) de rocha permeável, areias ou cascalhos, capaz de armazenar e fornecer quantidade significativa d'água.

Dessa maneira, os sistemas hidrogeológicos podem ser classificados em: Aquíferos, Aquicludos, Aquitardos e Aquifugos (MACIEL FILHO, 1994). Para Guerra (1980), aquífero consiste na rocha cuja permeabilidade permite a retenção de água dando origem a águas interiores ou freáticas. Já Machado (2005), baseado no *United States Geological Survey - USGS* preferiu a unidade hidro-estratigráfica incluindo Aquífero, Aquitardo, Aquicludo, Aquifugo.

### Tipos de aquíferos quanto à pressão da água

*Aquíferos livres, freáticos ou não confinados:* ocorrem quando a pressão da água na superfície da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica com a qual se comunica livremente. São os aquíferos mais comuns e mais explorados pela população. São também os que apresentam maiores riscos e problemas de contaminação. Os aquíferos livres também se classificam em drenantes (de base semipermeável) e não drenantes (de base impermeável) (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

*Aquífero suspenso:* é um caso especial de aquífero livre formado sobre uma camada impermeável ou semipermeável de extensão limitada e situada entre a superfície freática e o nível do terreno. Esses aquíferos às vezes existem em caráter temporário, na medida em que drenam para o nível freático subjacente (MACIEL FILHO, 1994; FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

*Aquíferos artesianos ou confinados:* nestes aquíferos a camada saturada está confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis, de forma que a pressão da água no topo da zona saturada é maior do que a pressão atmosférica naquele ponto, o que faz com que a água suba no poço para além da zona aquífera. Se a pressão for suficientemente forte, a água poderá jorrar espontaneamente pela “boca” do poço. Neste caso, o poço costuma ser chamado de artesianos surgente ou jorrante (HEATH, 1983).

Estes podem ser subdivididos em dois tipos: confinado não drenante (cujas camadas limítrofes, superior e inferior, são impermeáveis) e confinado drenante (pelo menos uma das camadas limítrofes é semipermeável, permitindo a entrada e saída de fluxos pelo topo e/ou pela base, por drenança ascendente ou descendente. Quantidades consideráveis de água podem ser perdidas ou ganhas pelos aquíferos drenantes de grande extensão regional), (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

### Tipos de aquíferos quanto à geologia do material saturado

*Aquíferos porosos:* ocorrem em rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e solos arenosos, intemperizados *in situ* ou transportados por processos de sedimentação e deposição. Constituem os mais importantes aquíferos, pelo grande volume de água que armazenam, e por sua ocorrência em grandes áreas. Esses aquíferos ocorrem nas bacias sedimentares e em todas as várzeas onde se acumulam sedimentos arenosos bem como em extensas e profundas regiões costeiras. Uma particularidade deste tipo de aquífero é sua porosidade quase sempre homoganeamente distribuída, permitindo que a água flua para qualquer direção. Esta propriedade é conhecida como isotrópica. Exemplo: Formação Botucatu constituída por arenitos eólicos médios a finos bem relacionados apresentando mais de 90% de fração de areia, formados em paleoambiente desértico, apresenta porosidade entre 18 e 30% (ARAÚJO *et al.*, 1999).

*Aquíferos fraturados ou fissurados:* ocorrem em rochas ígneas e/ou metamórficas. A capacidade dessas rochas em acumularem água está relacionada à quantidade de fraturas, suas aberturas e intercomunicações. Nestes aquíferos a água só pode fluir onde houver fraturas, que, quase sempre, tende a ter orientações preferenciais, e por isto diz-se que são meios aquíferos anisotrópicos. Exemplo derrames vulcânicos da Formação Serra Geral (SEMA/CPRM, 2007).

*Aquíferos cársticos:* são os aquíferos formados em rochas carbonáticas. Constituem um tipo peculiar de aquífero fraturado, onde as fraturas ocorrem devido à dissolução dos carbonatos pela água, podem atingir aberturas muito grande, como no município de Castro distante 119 km de Curitiba/PR (SILVÉRIO da SILVA *et al.*, 2004).

Além do termo aquífero, são designados outros termos que evidenciam a capacidade do meio na circulação da água, tais como: aquícludos, aquíardos e aquífugos. Neste, Cabral *et al.*, (2001) definem:

*Aquícludos:* são matérias também porosas que contém água nos seus interstícios muitas vezes atingindo seu grau de saturação, mas não permitem a sua circulação. As rochas são essencialmente argilosas nos quais as águas encontram-se fixadas em poros de dimensões e onde a circulação é praticamente nula. Exemplo Formação Santa Maria Membro Alemoa de constituição silto-argilosa (MACIEL FILHO, 1994).

*Aquíardos:* são estratos semipermeáveis. Armazenam quantidade significativa de água no seu interior e permitem a circulação de forma muito lenta. São incluídas as argilas

siltosas ou arenosas. Exemplo Formação Rosário do Sul equivalente a Sanga do Cabral (MACIEL FILHO, 1994; GIARDIN e FACCINI, 2004).

*Aquíferos*: são materiais com baixíssima porosidade que tanto não contêm como não transmite água. São incluídas neste grupo as rochas cristalinas – metamórficas – ou vulcânicas – sem fraturamento ou alteração. Exemplo Granito Caçapava (MACIEL FILHO, 1994).

### 3.6.1 Províncias hidrogeológicas

Em termos hidrogeológicos, devem-se considerar as grandes províncias geológicas do país, assim, podem-se classificar os aquíferos de acordo com sua importância relativa no âmbito do território nacional. Essa importância relativa das rochas como aquíferos foi definida através de suas propriedades intrínsecas (porosidade e permeabilidade), condições de ocorrência (extensão, espessura e estrutura) e explotabilidade (fácil, regular e difícil). Desse modo, introduziu-se o conceito de Província Hidrogeológica como meio de sistematização e localização das grandes unidades hidrogeológicas existentes no país (MENTE, 1997).

Neste contexto, “Província Hidrogeológica” é definida como a área que apresenta em toda a sua extensão aspectos semelhantes no que diz respeito às condições de captação e ocorrência das águas subterrâneas. Ela se distingue de “Província Aquífera” que é formada por um conjunto de áreas que apresentam aquíferos de natureza semelhante quanto ao jazimento, estrutura e litologia (HAUSMAN, 1995).

A classificação das Províncias Hidrogeológicas leva em conta as características geológicas, morfológicas e climáticas; porque as águas subterrâneas possuem um comportamento e ocorrência guiada pelas mesmas.

Assim, foram estudados os sistemas aquíferos no Brasil, principalmente com relação aos poços para suprimento d’água nas grandes bacias sedimentares do país, que posteriormente permitiu dividi-los em dez províncias hidrogeológicas, sendo elas: 1) Província Escudo Setentrional, 2) Província Amazonas, 3) Província Escudo Central, 4) Província Paranaíba, 5) Província São Francisco, 6) Província Escudo Oriental, 7) Província Paraná, 8) Província Escudo Meridional, 9) Província Centro Oeste e 10) Província Costeira (ABAS, 2002).

A mais importante província Hidrogeológica do Brasil situa-se na parte meridional do país e corresponde a Bacia Sedimentar do Paraná, esta província inclui-se entre as áreas de maior profundidade de aquíferos e é designada atualmente por Sistema Aquífero Guarani

(SAG). Esta proposição foi dado pelo geólogo uruguaio Danilo Aton, em 1996 (REBOUÇAS e AMORE, 2002).

Constitui-se na mais importante província hidrogeológica em função da sua aptidão em armazenar e liberar grandes quantidades de água e também por se encontrar nas proximidades das regiões relativamente mais desenvolvidas do país, além de possuir o maior volume de água doce, com uma reserva estimada de  $50,40 \times 10^3 \text{ Km}^3$  de água (ABAS, 2002).

No que se refere ao Estado do Rio Grande do Sul, o primeiro estudo sistemático do comportamento das águas subterrâneas do Estado data de 1960, sendo que em 1995, Hausman estabeleceu a divisão em Províncias e Sub-Províncias Hidrogeológicas, sendo elas:

I – Província do Escudo (Sub-Província Cristalina e Sub-Províncias Creta-Paleozóica).

II – Província Gondwânica (Sub-Província Permo-Carbonífera, Sub-Província Rosário do Sul e Sub-Província Botucatu).

III – Províncias Basálticas (Sub-Província do Planalto, Sub-Província Borda do Planalto e Sub-Província Cuesta).

IV – Província Litorânea (Sub-Província Oceânica, Sub-Província Lagunar Externa, Sub-Província Lagunar Interna Norte, Sub-Província Lagunar Interna Sul, Sub-Província Itapuã e Sub-Província Guaíba).

Ainda conforme Hausman (1995) há uma predominância de rochas cristalinas e cristalofilianas, que recobrem quase 80% da área do Estado, incluindo-se nelas a superfície recoberta pelo derrame da Formação Serra Geral, sobre as quais também estão localizados os maiores grupos populacionais. No entanto, apresentam em sua maioria baixa vazão dos aquíferos, enquanto as rochas na Província Gondwânica apresentam maior importância aquífera.

Assim, a Província Gondwânica ocorre desde o Oeste do Estado, e na região Central ocupa a Região Geomorfológica da Depressão Periférica (CARRARO *et al.*, 1974). Sua superfície é de aproximadamente  $90.000 \text{ Km}^2$ . Este pacote sedimentar começa no Carbonífero e termina no Cretáceo. Litologicamente dominam formações argilosas e arenosas que desaparecem por baixo da cobertura basáltica, situada ao Norte e Oeste do Escudo. Apresentam várias discordâncias que engloba: o Super-Grupo Tubarão, Grupos São Bento, Passo Dois, Itararé. Os afloramentos das rochas sedimentares Gondwânicas formam uma planície semicircular, cuja topografia apresenta a forma de colinas semi-tabulares, suavemente onduladas, entre as quais se desenvolve planícies aluviais com rios meandrossos e várzeas amplas (*op. cit.*).

A Sub-Província Rosário do Sul é um aquífero hidroestrutural que possui um grupo de horizontes condutores intercalados por aquícludes e aquíardos variando a permeabilidade e a qualidade da água. Esta sub-província é separada em dois patamares:

*Arenito Rio Pardo:* que forma sua porção basal, composta por sedimentos finos, siltitos argilosos e arenitos finos que funcionam como aquíardos. Os depósitos de canal são formados por sedimentos mais grosseiros que funcionam como aquíferos de rendimento regular.

*Membro Santa Maria:* predominam sedimentos argilosos, como os lamitos vermelhos intercalados por horizontes arenosos de médios a grossos. A circulação da água se apresenta bastante regularizada e as vazões são bastantes irregulares, formando um aquíclude.

A circulação da água neste Membro sempre se verifica nos horizontes arenosos, que se apresentam como lentes, mais ou menos extensas e intercaladas entre os pacotes argilosos que as mantêm confinadas. As recargas se verificam nos pontos em que a erosão colocou descobertos as areias mais ou menos argilosas constituindo áreas de afloramentos; estas recargas também podem ocorrer por drenância.

Os depósitos arenosos apresentam-se confinados originando poços com pressão artesianasurgente ou semi-surgente. Os horizontes arenosos intercalados entre as argilas do Membro Santa Maria são ótimos aquíferos com produtividade elevada. A qualidade da água é diferente em função da posição estratigráfica, no topo ou base da formação. As águas que percolam no Membro Santa Maria são do tipo bicarbonatadas sódicas e algumas tendem a ser cloretadas sódicas, portanto, salobras (HAUSMAN, 1995).

Estudos realizados por Silvério da Silva *et al.*, (2000; 2008) alertam que algumas ocorrências de águas salobras sódicas também apresentam flúor acima do Valor Máximo Permitido/VMP pela Portaria Estadual 10/99, fixado em 0,6 – 0,9 mg/L. Já a Portaria Federal n.º 518/2004 fixa o VMP em 1,5 mg/L. Os estudos apontaram ocorrências anômalas nos Distritos de Arroio Grande, Caturrita e Arroio do Só e nas proximidades do Distrito Industrial de Santa Maria (Boca do Monte).

### 3.6.2 Captação das águas subterrâneas

Poço é definido como qualquer obra de captação de água subterrânea executada com sonda, mediante perfuração vertical (NBR, 12244/2006). Os poços podem ser classificados, segundo Feitosa e Manoel Filho (1997), de acordo com sua profundidade, em rasos ou

profundos, sendo que ela determina de um modo geral, o método construtivo do poço. Os poços rasos podem ser divididos em: escavados, ponteiros cravadas, à trado e poço radial.

Os poços profundos são aqueles perfurados com máquinas, denominadas perfuratrizes, que possuem diâmetro que varia de 10 a 30cm, atingem profundidades de 40 a mais de 4000m. Em alguns casos, profundidades maiores são atingidas quando se procura a produção de água aquecida pelo geotermalismo. Um poço perfurado à máquina, num aquífero livre, deve ser chamado de poço profundo ou poço tubular profundo, para se diferenciar dos poços rasos escavados manualmente. As companhias perfuradoras de poços têm usado erroneamente o termo “poço artesiano” para todo e qualquer poço perfurado através de máquinas. Dessa forma, o *Poço Artesiano* é uma estrutura hidráulica, vertical e tubular que dá acesso ao aquífero e a água subterrânea que este contém. É projetado e construído de acordo com a geologia da região em questão, seguindo modernas técnicas construtivas, que permitem a extração de água de forma eficiente e econômica (OLIVEIRA e SPITALIERE, 1996).

Segundo a NBR 12212/2006 o projeto de captação por meio de poço ou sistema de poços pressupõe o conhecimento de: a) estudo de concepção elaborado conforme a NBR 12211/92; b) vazão pretendida para o sistema; c) estudo hidrogeológico contendo informações básicas geofísicas e geológicas dos aquíferos, características hidráulicas e qualidade das águas; d) avaliação de risco do sistema; e) estimativa do número de poços a construir o sistema; f) planta topográfica em escala adequada, com a localização e o cadastro das obras e dos poços existentes, e registro dos níveis de drenagem atual e piezométrico; g) planta da bacia hidrográfica, em escala reduzida, com localização e cadastro dos poços existentes; e, h) registro do nível máximo de cheias na área do sistema.

Conforme a norma NBR 12244/2006, no desenvolvimento da construção são considerados elementos necessários: projeto executivo do poço; equipamento de perfuração; ferramentas de perfuração; ferramentas auxiliares; equipamentos auxiliares; responsável técnico habilitado permanente ao Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA); fiscalização e condições de recebimento do poço.

Deve-se ter cuidado com a escolha do equipamento hidráulico e elétrico como: a bomba submersa (deve ser feita manutenção preventiva a cada dois anos); quadro de comando (revisão periódica nos componentes elétricos com atenção especial à chave contactora e o pára-raio). O monitoramento, ou seja, a observação periódica e o acompanhamento das condições de funcionamento do poço é um procedimento adequado para manter a boa operação do mesmo, permitindo avaliação do comportamento do poço a qualquer instante, assim como a situação

do equipamento de bombeamento. Em um poço tubular poderão ocorrer basicamente três tipos de problemas: com a bomba, perda de vazão e turbidez da água.

Com relação ao funcionamento de um poço, segundo Heath (1983) quando se inicia um bombeamento, ocorre neste o rebaixamento de nível da água, criando um gradiente hidráulico (uma diferença de pressão) entre este local e suas vizinhanças. Este gradiente provoca a vinda contínua de água do aquífero em direção ao poço, enquanto estiver sendo processado o bombeamento. Se o bombeamento pára, o nível d'água retorna ao nível original (recuperação) após um certo número de horas. O rebaixamento do nível d'água possui uma forma cônica, cujo eixo é o próprio poço. A formação deste cone corresponde à necessidade de a água fluir em direção ao poço para repor a que está sendo extraída. Nos aquíferos isotrópicos (porosos), a água chegará de todos os lados com a mesma velocidade, dando origem a uma superfície cônica relativamente simétrica. Se o aquífero for anisotrópico (fissural), este contorno será alongado segundo a direção da velocidade menor do fluxo de água. A forma do cone dependerá de alguns fatores, tais como:

1 – do volume de água que está sendo bombeado. Volume maior de bombeamento implica em maior rebaixamento do nível da água dentro do poço;

2 – da permeabilidade do aquífero: esta determinará a velocidade com que a água se movimenta para o poço. Quando a permeabilidade é grande, maiores volumes de água chegarão ao poço em menos tempo, provocando um cone menos profundo. Se a permeabilidade do aquífero for pequena, o cone terá um rebaixamento muito pronunciado.

Em termos de proteção dos poços esta pode ser bastante complexa, sendo necessário considerarem-se as características hidráulicas dos aquíferos, a taxa de exploração, os tipos e a persistência dos contaminantes, dentre outras. Deve-se estabelecer diferentes perímetros de proteção, em função das atividades que podem ser exercidas em seu interior. Na primeira zona mais próxima do poço, somente devem ser permitidas atividades relacionadas com a operação dos poços. Em uma segunda zona devem ser proibidas atividades potencialmente poluidoras como: transporte e estocagem de produtos perigosos, disposição de resíduos e efluentes, agricultura, pecuária intensiva e extração mineral. Em uma terceira zona, mais distante, é necessário apenas o estabelecimento de certo controle ambiental (proteção do solo e das águas).

O Decreto Estadual 23.430/1974 sugere dez metros de perímetro imediato de proteção para os poços. O tamanho dessas zonas de proteção deve ser estabelecido em função da distância ao poço ou em função do tempo estimado de trânsito do contaminante desde sua origem até o ponto de captação do poço no aquífero. Os limites de proteção da “cabeça” do poço podem ser

estabelecidos por (USEPA, 2006): raio fixo arbitrário; método do cilindro (raio fixo calculado); formas simplificadas variadas, métodos analíticos simples, mapeamento hidrogeológico e modelagem semi-analítica ou numérica do fluxo e transporte de contaminantes.

No primeiro método fixa-se um raio arbitrário que se supõe ser suficiente para proteção do poço. Diversos países adotam esse tipo de limitação, principalmente para primeira zona, variando o raio dessa zona de 5m até 10m, sendo mais comum a adoção de valores em torno de 10m. Para as duas outras zonas, é usual estabelecer-se não mais um raio fixo, porém o tempo de trânsito da contaminação até o poço (CABRAL, 2001).

### **3.7 Qualidade das águas subterrâneas**

Do ponto de vista hidrológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo. A disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente da qualidade física, química, biológica e radiológica (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

O estudo hidrogeoquímico tem por finalidade identificar e qualificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas, procurando estabelecer uma relação com o meio físico. Os processos e fatores que influem na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero. A água subterrânea tende a aumentar a concentração de substâncias dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos, mas muitos outros fatores interferem, tais como: clima, composição da água da recarga, tempo de contato água/meio físico etc., além da contaminação de origem antrópica (HEATH, 1983).

Á água subterrânea, ao lixiviar os solos e as rochas, enriquece-se de certos sais minerais em solução, provenientes da dissolução dos seus minerais constituintes. Estas reações são favorecidas pelas pressões e temperatura a que estão submetidas e facilidades de dissolver  $\text{CO}_2$  ao percolar o solo não saturado. Por isso as águas subterrâneas têm concentrações de sais superiores às das águas superficiais em geral (ZIMBRES, 2006).

As propriedades físicas são características de ordem estética e elevados valores que algumas delas podem causar certa repugnância a consumidores mais exigentes. As águas subterrâneas raramente são portadoras de características perceptíveis, a não ser o sabor decorrente de sais dissolvidos em quantidade excessiva. Enquadram-se nas características de

propriedades físicas os seguintes aspectos: temperatura, cor, odor, sabor, turbidez e sólidos em suspensão (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

*Temperatura* – a amplitude térmica das águas subterrâneas em geral é baixa (de 1 a 2° C) e independe da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos freáticos poucos profundos, onde a temperatura é um pouco superior à da superfície (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997). A temperatura influencia os processos biológicos, as reações químicas e as bioquímicas, que ocorrem na água e também outros processos, como o aumento da solubilidade dos gases dissolvidos e dos sais minerais com o aumento da temperatura da água (PORTO, BRANCO e De LUCA, 1991).

*Cor* – é resultado das substâncias dissolvidas na água, provenientes principalmente da lixiviação da matéria orgânica. A água em geral apresenta uma coloração azulada quando pura; arroxeada quando rica em ferro; negra quando rica em manganês e amarelada quando rica em ácidos húmicos. Comumente, as águas subterrâneas apresentam valores de coloração inferiores a 5 ppm de Platina (Pt), mas de forma anômala podem atingir até 100 ppm de Pt. Geralmente para ser potável, uma água não deve apresentar nenhuma cor de considerável intensidade (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

*Odor e Sabor* - o sabor está relacionado ao gosto (salgado, doce, azedo e amargo), e odor à sensação do olfato. O odor e o sabor estão intimamente relacionados. O sabor depende do teor do tipo de sais dissolvidos além de outras substâncias em solução ou suspensão. Existem casos em que uma água com valor elevado de sólidos totais dissolvidos (STD) tem melhor sabor em relação a uma que tenha baixo teor de STD (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997). Como o paladar humano tem sensibilidade distinta para os diversos sais, poucos miligramas por litro de alguns sais (ferro e cobre, por exemplo) são detectáveis, enquanto várias centenas de miligramas de cloreto de sódio não são percebidas. Em geral as águas subterrâneas são desprovidas de odor (ZIMBRES, 2006). O odor é reconhecido como sendo uma característica estética prejudicial ao consumo da água para abastecimento urbano ou para a recreação (PORTO, BRANCO e De LUCA, 1991).

*Turbidez* - as águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez. é determinada pelo turbidímetro, comparando-se o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento maior será a turbidez. No Brasil a unidade mais utilizada é a Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). A cor da água interfere negativamente na medida de turbidez devido a sua propriedade de absorver a luz, em

alguns casos, águas ricas em íons Fe, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

*Sólidos Totais* - corresponde à carga sólida em suspensão e que pode ser separada por simples filtração ou mesmo decantação. O termo "sólidos" é amplamente utilizado para a maioria dos compostos presentes em água e que permanecem em estado sólido após evaporação. Sólidos suspensos totais e sólidos dissolvidos totais correspondem aos resíduos não filtráveis e filtráveis respectivamente (GASTALDINI e MENDONÇA, 2001).

As águas subterrâneas, na sua maioria, não têm sólidos em suspensão e quando um poço está produzindo água com significativo teor de sólidos em suspensão é geralmente consequência de mau dimensionamento do filtro ou do pré-filtro *ou* complementação insuficiente do aquífero ao redor do filtro. As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios percorridos, guardando uma relação com os tipos de rochas drenados e com os produtos das atividades humanas adquiridas ao longo de seu trajeto (ZIMBRES, 2006).

*Condutividade Elétrica* - é o valor recíproco da resistividade elétrica (FENZL, 1986). A condutividade da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. É a capacidade de a água transmitir a corrente elétrica. Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica pode-se estimar o teor de sais pela medida de condutividade da água. A determinação é realizada pelo condutivímetro e a unidade usada é o micromhos/cm (MHO inverso do OHM, unidade de resistência) a uma dada temperatura em graus Celsius. Como a condutividade aumenta com a temperatura, usa-se 25°C como temperatura padrão, sendo necessário fazer a correção da medida em função da temperatura se o condutivímetro não o fizer automaticamente (ZIMBRES, 2006). Sob o Sistema Internacional de Unidades, deve-se utilizar o microsiemens/cm, numericamente equivalente ao micromhos/cm (PORTO, BRANCO e De LUCA., 1991). Este último será adotado neste trabalho. Na água pura, a condutividade elétrica é baixa, variando de centésimos de  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25°C. Quanto maior a concentração iônica, maior a condutividade (boa correlação entre condutividade e concentração iônica para um soluto), (PORTO, BRANCO e De LUCA., 1991). Em águas naturais, não existe relação direta entre condutividade e sólidos dissolvidos totais (VON SPERLING, 1996). Essa relação só poderá ser definida onde exista predominância de um determinado íon.

Oliveira, Morais e Serzedelo (2000) reforçam que a condutividade elétrica é um indicador da presença de material orgânico recente introduzido no corpo de água. A

condutividade elétrica em águas doces varia de 10 a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (a água do mar, naturalmente, possui 50.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Quando a condutividade for igual ou maior do que 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , as águas estão salobras e/ou podem estar poluídas (CHAPMAN e KIMSTACH, 1998; Portaria n.º 518/2004). Na maioria das águas subterrâneas naturais, a condutividade elétrica da água multiplicada por um fator, que varia entre 0,55 a 0,75, gera uma boa estimativa dos sólidos totais dissolvidos (STD) na água (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

*Dureza Total* - é definida como a dificuldade de uma água dissolver (fazer espuma) sabão pelo efeito do cálcio, magnésio e outros elementos como ferro, manganês, cobre, bário. Alguns sólidos dissolvem-se rapidamente, enquanto outros se ionizam vagarosamente. O carbonato de cálcio se dissocia em íons de cálcio e carbonatos em grau dependente do pH da água, causando incrustações nas tubulações. Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com ânions na água, formando precipitados. A água mole (baixa concentração de íons de cálcio) tende a dissolver a incrustação formada pelo carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), enquanto que a água dura tende a precipitar carbonato de cálcio no interior das tubulações (HAMMER, 1976).

Segundo Custódio e Llamas (1983 *apud* FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997), as águas com dureza total entre 0 e 50 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , são consideradas *brandas*. As águas com dureza total entre 50 e 100 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , são consideradas *pouco duras*. Aquelas com dureza total entre 100 e 200 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  são consideradas *duras*, e águas com mais de 200 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  até a saturação, são *muito duras*.

Drever (1997) sugere o uso da equação equivalente (Equação 1) para avaliar a dureza.

$$\text{Eq. CaCO}_3 = 2,5 (\text{mg de Ca/L}) + 4,1 (\text{mg de Mg/L}) \quad (1)$$

A dureza pode ser expressa como dureza temporária, permanente e total. Dureza temporária ou de carbonatos: é devida aos íons de cálcio e de magnésio que sob aquecimento se combinam com íons bicarbonato e carbonatos, podendo ser eliminada por fervura. Dureza permanente é devida aos íons de cálcio e magnésio que se combinam com sulfato, cloretos, nitratos e outros, dando origem a compostos solúveis que não podem ser retirados pelo aquecimento. A dureza total é a soma da dureza temporária com a permanente (BAUMGARTEM e POZZA, 2001).

*pH* - é a medida de concentração de íons  $\text{H}^+$  na água (potencial hidrogeniônico). O balanço dos íons hidrogênio e hidróxido ( $\text{OH}^-$ ) determinam quão ácida ou básica é a água. A faixa de pH varia de 0 a 14. Se predominar o hidrogênio, a água é ácida (abaixo de 7), se predominarem as oxidrilas, ela é básica ou alcalina (acima de 7), um estado de neutralidade ou de

equilíbrio da água ocorre se o pH for igual a 7 (BRANCO, 1983). Na água quimicamente pura, íons  $H^+$  estão em equilíbrio com os íons  $OH^-$  e seu pH é neutro. Os principais fatores que determinam o pH da água são a concentração do gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. O pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5 (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997). A Portaria n.º 518/2004 sugere que o pH da água subterrânea esteja na faixa de 6,0 a 9,5.

*Alcalinidade* - é a medida total das substâncias presentes na água, capazes de neutralizarem ácidos. Se em uma água quimicamente pura for adicionada pequena quantidade de um ácido fraco, seu pH mudará instantaneamente. Em uma água com certa alcalinidade, a adição de uma pequena quantidade de ácido fraco não provocará a elevação de seu pH, porque os íons presentes irão neutralizar o ácido. Em águas subterrâneas a alcalinidade é alterada principalmente pelos íons carbonatos e bicarbonatos e, secundariamente, aos íons hidróxidos, aos silicatos, aos boratos, aos fosfatos e à amônia. A alcalinidade total é a soma da alcalinidade produzida por todos estes íons presentes numa água. A alcalinidade total de uma água é expressa em mg/L de  $CaCO_3$  (ZIMBRES, 2006).

*Oxigênio Dissolvido (OD)* - A faixa de oxigênio dissolvido (O.D.) na água subterrânea, de acordo com Custódio e Llamas (1983, *apud* FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997), varia entre 0 a 5 mg/L.

*Demanda Química de Oxigênio (DQO)* - mede a capacidade de uma água consumir oxigênio durante processos químicos. É indicada para estimar o teor de matéria orgânica oxidável e de substâncias capazes de consumir oxigênio (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997). O valor encontrado é, portanto, uma indicação direta do teor de matéria orgânica presente, obtida pelo oxidante (dicromato de potássio) em meio ácido. O teste tem duração de apenas 2 a 3 horas para ser realizado (VON SPERLING, 1996).

*Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)* - é a quantidade de oxigênio necessária para consumir a matéria orgânica contida na água, mediante processos biológicos aeróbicos. É uma medida muito importante de contaminação da água e deve referir-se a um certo tempo (24 horas, 5 dias, etc.). Nas águas subterrâneas, em geral, a DBO é inferior a 1 mg/L de  $O_2$ . Valores mais elevados indicam contaminação (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997). A  $DBO_5$  é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante e durante um período de incubação, também fixo de 5 dias. É obtido pela diferença de OD (Oxigênio Dissolvido) antes e depois do período de incubação. A determinação da DBO não revela a concentração de uma substância específica, e sim, o efeito da combinação de substâncias e condições. A DBO, por si só, não é poluente, exercendo um efeito indireto, ou seja, causando a depleção de oxigênio dissolvido até níveis que inibem a vida aquática e outros usos benéficos (VON SPERLING, 1996).

### 3.7.1 Principais constituintes iônicos da água subterrânea

A maioria das substâncias dissolvidas, nas águas subterrâneas, encontra-se no estado iônico. Segundo Custódio e Llamas (1983, *apud* FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997) as principais características desses íons são:

#### *Cátions:*

*Alumínio ( $Al^{+3}$ )* - elemento pouco móvel e sub-representado nas águas subterrâneas. Somente em águas ácidas o alumínio atinge 1 mg/L, teor já considerado elevado. A fonte de alumínio nas águas subterrâneas são as rochas aluminossilicáticas.

*Sódio ( $Na^+$ )* - é um dos metais alcalinos mais abundantes e importantes nas águas subterrâneas. Seus principais minerais fonte são os (feldspatos plagioclásios) sendo pouco resistentes aos processos intempéricos. Os sais formados nestes processos são muito solúveis. Nas águas subterrâneas o teor de sódio varia de 0,1 até 100 mg/L (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997), sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal a partir das zonas de recarga. Segundo a OMS, o valor máximo recomendável de sódio na água potável é 200 mg/L. No Brasil o valor máximo permitido é 250 mg/L conforme a Portaria n.º 518/2004.

*Potássio ( $K^+$ )* - ocorre em pequenas quantidades ou está ausente nas águas subterrâneas, devido à sua participação intensa em processos de troca iônica, além da facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila e, ainda, de seus sais serem bastante utilizados pelos vegetais. Os teores de potássio nas águas subterrâneas são inferiores a 10 mg/L, sendo mais freqüentes valores entre 1 e 5 mg/L (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997)

*Cálcio ( $Ca^+$ )* - nas águas subterrâneas, os teores, em geral, variam entre 10 e 100 mg/L. Sua fonte principal são os feldspatos plagioclásios (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

*Magnésio ( $Mg^+$ )* - O magnésio tem propriedades parecidas com as do cálcio; mas é mais solúvel e difícil de precipitar. Juntamente com o cálcio é responsável pela dureza total e produz gosto salobro nas águas. Devido aos minerais fornecedores de magnésio serem mais estáveis diante do intemperismo químico do que os minerais fornecedores de cálcio, o seu teor nas águas subterrâneas é geralmente menor do que o cálcio. Ocorre nas águas subterrâneas entre 1 e 40 mg/L (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

#### *Ânions:*

*Cloro ( $Cl^-$ )* - a alta solubilidade e o lento movimento das águas no aquífero vão

provocando aumentos gradativos e constantes dos teores de cloretos nas águas subterrâneas na direção do fluxo. Seu valor máximo permissível é de 250mg/L segundo a OMS e a Portaria n.º 518/2004.

*Sulfato* ( $SO_4^{-2}$ ) - origina-se da oxidação do enxofre presente nas rochas e da lixiviação de compostos sulfatados (gipsita e anidrita). As águas subterrâneas apresentam geralmente teores inferiores a 100 mg/L, de acordo com Feitosa e Manoel Filho (1997).

*Bicarbonato* ( $HCO_3^-$ ) - este íon não se oxida nem se reduz em águas naturais, porém pode se precipitar com muita facilidade como bicarbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ). Sua concentração varia entre 50 a 350 mg/L em águas doces. É o ânion mais importante nas águas subterrâneas (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

*Carbonato* ( $CO_3^{-2}$ ) - a quantidade relativa de íons de carbonato é função do pH e do conteúdo de gás carbônico dissolvido na água. Segundo Logan (1965), o carbonato somente excederá o bicarbonato quando o pH for igual ou superior a 10. O carbonato normalmente pode ser encontrado em águas com pH  $\geq$  igual a 8,2.

*Nitratos* ( $NO_3^-$ ) - ocorrem em geral com pequeno teor e podem ser lixiviados das camadas superiores do solo para a água (BOWER, 1978). Como um componente essencial das proteínas ele é encontrado nas células de todos os organismos vivos. Nitrogênio inorgânico pode existir no estado livre como gás, nitrito, nitrato e amônia. Nitrito e amônia são ausentes, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias. Segundo a OMS, uma água não deve ter mais do que 10 mg/L de  $NO_3^-$ , também adotado na Portaria n.º 518/2004.

O nitrato representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica e teores acima de 5 mg/L podem ser indicativos de contaminação de água subterrânea por atividade humana.

*Fluoretos* ( $F^-$ ) - São encontrados em pequenas concentrações nas águas subterrâneas e estão entre os principais constituintes tóxicos e carcinógenos presentes nas águas subterrâneas. O  $F^-$  possui solubilidade limitada e pouco contribui para a alcalinidade da água, pois se hidroliza rapidamente. Ocorre com concentrações entre 0,1 e 1,5 mg/L nas águas naturais, podendo chegar até 10 mg/L e, raramente a 50 mg/L em águas muito sódicas com pouco cálcio. A presença de cálcio limita a concentração de flúor (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

O limite ótimo de fluoreto para uma dada comunidade depende das condições climáticas, principalmente a temperatura do ar, que influenciará na quantidade de água ingerida pelas crianças ou adultos, além dos hábitos alimentares, pois alguns alimentos contêm fluoretos (SOUZA, 2001).

Silvério da Silva *et al* (2000) estudaram as concentrações de flúor em 28 poços

tubulares do município de Santa Maria, encontrando apenas três valores acima do VMP (valor máximo permissível) estipulado pela Portaria n.º 518/2004, fixado em 1,5 mg/L. No ano de 2008 os mesmos autores identificaram águas sódicas com flúor 1,3 mg/L no distrito de Arroio do Meio.

### 3.7.2 Principais constituintes biológicos da água subterrânea

As condições sanitárias e microbiológicas relacionam-se aos coliformes totais e fecais. Existe um grande número de formas vivas (vegetais e animais) nas águas naturais. Os microorganismos aquáticos são importantes, basicamente, para a manutenção do ecossistema aquático, para atuação nos processos de depuração dos despejos, e sua associação com as doenças ligadas à água (VON SPERLING, 1996).

Organismos Coliformes são os indicadores de poluição recente de fezes, eventualmente de contaminação. Esse parâmetro permite avaliar de forma indireta o potencial de contaminação da água por patógenos de origem fecal (REETZ, 2002).

A qualidade bacteriológica da água tem como base o teste de indicadores não-patogênicos, principalmente do grupo coliforme (HAMMER, 1979), devido ao fato de que as bactérias patogênicas, geralmente, não são quantificáveis em laboratório e a ausência de um tipo de bactéria não exclui a eventual presença de outras.

A compreensão dos principais organismos biológicos (bactérias, algas, protozoários, crustáceos e peixes) é essencial na tecnologia sanitária (HAMMER, 1979). Para tratamento de esgotos, os principais grupos de organismos são as bactérias e os protozoários, ao passo que para avaliar a qualidade sanitária de águas para fins de potabilidade e recreação, os organismos indicadores, particularmente os coliformes, são os mais utilizados (SOUZA, 2001).

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade de existência de microorganismos patogênicos e que transmitem doenças (BATALHA e PARLATORE, 1977). Embora não sejam patogênicos, eles são chamados organismos indicadores de contaminação fecal e podem indicar se uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e, sua potencialidade para transmitir doenças.

Em levantamentos de qualidade da água, é necessário avaliar a quantidade de

bactérias para determinar se uma água atende ao padrão apropriado para consumo. Os resultados dos testes são expressos como o número mais provável (NMP), pois a contagem é baseada em análises estatísticas (HAMMER,1979).

A partir dessas observações, o papel desses microorganismos tem se tornado essencial na determinação da qualidade sanitária dos ambientes aquáticos. Um grande problema é que a presença dessas bactérias pode estar associada à presença de outras bactérias e vírus intensamente patogênicos (BAUMGARTEM e POZZA, 2001).

### **3.8 Vulnerabilidades do aquífero**

Diniz e Michaluate (2001) definem aquífero como sendo uma unidade geológica permeável e saturada que pode transmitir quantidades significativas de água sob gradientes hidráulicos ordinários, de forma a suprir diversos poços.

Ribeira (2004) comenta que em hidrologia subterrânea a vulnerabilidade pode consistir na subdivisão em dois termos: vulnerabilidade natural e vulnerabilidade específica. Vrba e Zaparozec (1994 *apud* RIBEIRA, 2004) definem a vulnerabilidade natural ou intrínseca dos aquíferos como a soma de uma série de atributos ou características dos mesmos que são: o solo, a zona não saturada, os parâmetros hidráulicos do aquífero e a recarga que controlam a aptidão do aquífero para tomar frente a um impacto indeterminado e sua capacidade de auto-recuperação. Os mesmos autores definem a vulnerabilidade específica como a aptidão do aquífero para fazer frente a um tipo de contaminante/ impacto concretamente, dentro de um contexto conjuntural (sócio econômico) específico. A diferença que no caso anterior, os parâmetros que medem esta vulnerabilidade estão também definidos pelo impacto.

De um modo geral, o termo vulnerabilidade é compreendido como sendo a suscetibilidade do aquífero à contaminação.

A vulnerabilidade natural se costuma calcular e expressar em termos hidrogeológicos, como por exemplo, a profundidade do nível freático, a permeabilidade, etc. Pelo contrário, a vulnerabilidade específica da água subterrânea costuma-se expressar em termos de riscos frente a um determinado impacto (RIBEIRA, 2004, p.20).

O mesmo autor afirma que os aquíferos livres granulares e os aquíferos carbonatados cársticos situam-se como os grupos mais vulneráveis diante de um contaminante potencial. Os primeiros devido a sua relativa e pequena capacidade de autodepuração do terreno. É importante que a posição local do nível freático nesse tipo de aquífero condicione seu grau de vulnerabilidade.

No caso do aquífero Cárstico o mesmo autor comenta que a sua alta vulnerabilidade natural se atribui à velocidade de circulação da água subterrânea relativamente alta e sua escassa interação contaminante-rocha, que provoca uma elevada capacidade de propagação neste meio.

Uma caracterização aproximada da idéia de risco de poluição das águas subterrâneas consiste na associação e interação da vulnerabilidade natural do aquífero com a carga poluidora aplicada no solo ou em subsuperfície. Isso significa que se pode ter uma situação de alta vulnerabilidade, porém, sem risco de contaminação se não existir carga poluidora significativa, ou vice-versa. A carga poluidora pode ser controlada ou modificada; mas o mesmo não ocorre com a vulnerabilidade natural, que é uma propriedade intrínseca do aquífero.

A vulnerabilidade significa a maior suscetibilidade de um aquífero de ser adversamente afetado por uma carga contaminante imposta. Os autores complementam: “É um conceito inverso da capacidade de assimilação de contaminantes de um corpo receptor de água superficial, com a diferença de que os aquíferos possuem uma cobertura de substratos que proporciona maior proteção” (FOSTER e HIRATA, 1993).

Com relação aos fatores que influenciam a vulnerabilidade dos aquíferos, Ribeira (2004) comenta que a vulnerabilidade natural de um aquífero aumenta quanto menor for sua capacidade de atenuação ao impacto e quanto maior for sua acessibilidade. Aprofundando mais, podem-se discriminar os seguintes grupos de parâmetros que influenciam na determinação da vulnerabilidade:

- 1) As características geológicas do aquífero: porosidade primária, tipo e grau de fraturação;
- 2) Os parâmetros hidráulicos do aquífero: sua condutividade hidráulica e sua transmissividade;
- 3) O regime de recarga do aquífero: tanto em seus aspectos quantitativos como a localização espacial, extensão e magnitude;
- 4) A existência, continuidade e a espessura da zona saturada e no caso de existir as características hidrológicas e de composição dos níveis suprajacentes do solo.

A atividade humana em superfície pode alterar e induzir novos mecanismos de recarga do aquífero, modificando a taxa, a frequência e a qualidade na recarga de águas subterrâneas. O entendimento desses mecanismos e a correta avaliação de tais

modificações são fundamentais para a determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas (OSÓRIO, 2004, p.75).

É importante lembrar que se existir um aquífero com elevada vulnerabilidade, não significa que este já esteja contaminado, mas sim que esta área é de risco. Sua contaminação ou não vai depender das atividades antrópicas que estão sobre ele localizadas, ou seja, ele pode ser altamente vulnerável, mas não correr nenhum risco de ser contaminado por estar localizado numa área distante de fontes contaminantes, principalmente da presença humana, tais como lixões, cemitérios, distritos industriais entre outros.

Os componentes da vulnerabilidade de um aquífero não são diretamente mensuráveis, mas sim, determinados por meio de combinações de outros fatores. Além disso, dados referentes a vários fatores não podem ser facilmente estimados ou não estão disponíveis, o que obriga na prática, uma simplificação no número de parâmetros requeridos.

Nesse sentido, a metodologia “**GOD**”, **G** – *groundwater hydraulic confinement*; **O** – *overlying strata*; **D** – *depth to groundwater table* (FOSTER et., 2003) reduz o número desses fatores para apenas três que são:

- 1) Tipo de ocorrência de água subterrânea ou condição do aquífero(**G**);
- 2) Características dos estratos acima da zona saturada, em termos de grau de consolidação e tipo litológico (**O**);
- 3) A profundidade do nível da água (**D**).

Destacam-se vários métodos de avaliação de vulnerabilidade natural de aquíferos, dentre eles o “**GOD**” e o **DRASTIC** (HIRATA, 2006). Segundo Foster *et al.*, (2003), os fatores e pesos atribuídos na avaliação do índice de vulnerabilidade à contaminação no Método **DRASTIC** são:

**D** = Profundidade à água subterrânea (x5);

**R** = Taxa de recarga natural (x4);

**A** = Características do meio aquífero (x3);

**S** = Características do solo (x2);

**T** = Aspecto topográfico (x1);

**I** = Impacto (efeito) da zona não saturada (vadoza) (x5);

**C** = Condutividade hidráulica (x3).

A metodologia **DRASTIC** (ALLER *et al.*, 1987) foi desenvolvida pela *National Ground Water Association*, e é empregada pela Agência de Proteção Ambiental norte-americana (USEPA), constituindo-se num modelo qualitativo para avaliar a potencial poluição das águas subterrâneas. O cenário hidrogeológico inclui os principais fatores

geológicos e do meio aquífero que conferem o nome à metodologia, sendo que para cada um dos fatores são atribuídos pesos, os quais estão relacionados, a maior ou a menor importância do fator na avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos.

O método “GOD” foi desenvolvido por Foster (1987) e aprimorado para as condições brasileiras por Foster e Hirata (1993) e Foster et al. (2003). Baseia-se em informações pré-existentes e necessita-se de apenas três níveis de parâmetros; os relativos ao grau de confinamento hidráulico do aquífero, do tipo ou tipos litológicos penetrados pelo poço e da profundidade da água subterrânea. Portanto é um método que apresenta relativa facilidade de execução, bastando apenas que se tenham informações pré-existentes, que se faça uma avaliação da consistência das informações, ou que estes dados sejam buscados em cada poço.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Caracterização da área**

O município de Santa Maria localiza-se na região central do Estado do Rio Grande do Sul, distante cerca de 270 Km a oeste da capital Porto Alegre. O município apresentava população de 263.403 habitantes (IBGE, 2007).

De acordo com o mapa da cidade de Santa Maria – RS do ano 2000, haviam 24 bairros distribuídos em uma extensão territorial de cerca de 1.780 Km<sup>2</sup>. Contudo, em 2006, durante a execução do plano diretor municipal, haviam propostos cerca de 43 bairros (IBGE, 2007).

Escolheu-se um bairro situado no setor Noroeste do município denominado de Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, em virtude da sua fundação datar-se de época em que as fontes alternativas eram o único ou o principal meio de abastecimento de água, facilitando assim a ocorrência das mesmas ainda nos dias atuais.

Conforme ilustrado na Figura 1, o Bairro limita-se ao leste, pela Rua Luiz Mallo; ao sul, pelos trilhos da Viação Férrea; ao oeste, pelas ruas Anselmo Zock e Adolfo Ungaretti; e ao norte é iniciado pela crista do morro, prolongando-se até o Monumento Ferroviário.

O Bairro Perpétuo Socorro, segundo informações da Associação de Moradores, possui cerca de 6.700 habitantes, distribuídos em 1.800 unidades habitacionais, sendo composto basicamente por uso residencial. Há no bairro dois clubes esportivos, um posto de combustíveis, um hospital e uma fábrica de refrigerantes.

O bairro é servido por rede de abastecimento pública de água pela Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN, que também é responsável pela coleta e tratamento dos esgotos domésticos.

A região na qual o bairro está situado abrange uma zona de transição entre a Depressão Central do estado, constituída por rochas sedimentares de diferentes idades e o rebordo do Planalto Vulcânico (CARRARO *et al.*, 1974). Geomorfologicamente está representada em uma área constituída por baixas cotas altimétricas, variando entre 61,57m a 176,98m. Com relação à geologia, destacam-se as formações sedimentares

clásticas de Idade Permo-Triássicas à Neógeno em relação às rochas vulcânicas, pertencentes aos derrames da Formação Serra Geral.

A precipitação pluviométrica média normal é da ordem de 1708 mm/ano (Instituto de Pesquisas Agronômicas – RS, 1989). A vegetação é predominantemente constituída de campos e na encosta (Rebordo do Planalto) é formada por florestas do tipo subtropical. Nos cursos de água, é constituída por matas ciliares (IBGE, 1986).

Com base na carta geotécnica da cidade de Santa Maria, verificou-se que na área de estudo ocorrem aflorantes as formações Rosário do Sul, Arenito Basal Santa Maria, Caturrita, Botucatu e Serra Geral (MACIEL FILHO, 1990). Nos limites Norte da área ocorrem cerros/morros isolados, capeados pelos derrames vulcânicos da Formação Serra Geral.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

## **4.2 Cadastramento das fontes alternativas de abastecimento, condições de uso e informações sócio-ambientais**

O cadastramento das fontes alternativas de abastecimento foi realizado por meio de visitas às residências do Bairro Perpétuo Socorro, no período de 14 de setembro a 24 de outubro de 2006. O número de poços, os tipos, as localizações em coordenadas UTM, níveis estáticos e situações em que se encontravam foram levantados nessas visitas.

Os instrumentos utilizados foram uma planilha, na qual foram anotados os dados coletados, quanto à situação de funcionamento, uso da água e o tipo dos poços com o fim de gerar um cadastro (Apêndice A); uma trena de 20 metros, um medidor de nível da água com sonda, da marca Jaciri com cabo de 300 metros, um GPS topográfico, da marca Trimble, modelo GeoExplorer 3 e uma câmera digital Olympus FE 150.

A coleta das informações sócio-ambientais e de utilização das fontes alternativas de abastecimento teve início com a aplicação de questionários a fim de obter tais informações (Apêndice B) a respeito dos usuários de fontes alternativas de abastecimento de água do Bairro Perpétuo Socorro de Santa Maria – RS, previamente levantados pelo Projeto Cadastramento dos Poços da cidade de Santa Maria – RS do Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, objetivando-se ampliar os conhecimentos sobre os usuários de água subterrânea e a condição em que os poços e fontes se encontram, em relação às normas construtivas e o estado de conservação.

Dentre os itens abordados estão: escolaridade, renda familiar, o número de membros da família, hábitos de higiene, conhecimentos sobre doenças de veiculação hídrica.

## **4.3 Descrição do método de amostragem de água**

Os poços tubulares, os poços escavados e as fontes nascentes encontradas em funcionamento tiveram amostras de água coletadas para determinação da qualidade da água, com as coletas sendo realizadas do dia 26 de outubro a 5 de dezembro de 2006. Não foram coletadas amostras de água dos poços desativados. Sempre que possível a amostra foi coletada utilizando-se as torneiras antes de atingir os reservatórios. Já para os poços

escavados, que não possuíam bomba submersa ou compressor, as amostras de água foram retiradas com um amostrador dotado de válvula anti-retorno, previamente esterelizado.

O acondicionamento foi feito em garrafas plásticas de 2.000 mL, devidamente rotuladas e identificadas de acordo com o número dos poços cadastrados. A coleta de água para coliformes foi feita com frascos estéreis descartáveis de 50 mL.

#### 4.4 Descrição dos métodos de análise física, química e bacteriológica

Com relação à dureza, as águas podem receber as classificações de brandas, pouco duras, duras e muito duras, pois conforme Custódio e Llamas (1983) *apud* Feitosa e Manoel Filho (1997) as águas com dureza total entre 0 e 50 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, são consideradas *brandas*. As águas com dureza total entre 50 e 100 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, são consideradas *pouco duras*. Aquelas com dureza total entre 100 e 200 mg/L de são consideradas *duras*, e águas com mais de 200 mg/L de CaCO<sub>3</sub> até a saturação, muito duras.

Os parâmetros: cor aparente, sólidos totais dissolvidos, turbidez, temperatura da água, temperatura do ar, condutividade elétrica, pH, alcalinidade total, oxigênio dissolvido, DBO, potássio, cálcio, magnésio, sulfato, sódio, coliformes totais e coliformes fecais foram determinados no Laboratório de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, e os parâmetros: flúor e cloretos, no Laboratório de Química Industrial e Ambiental – LAQIA, da Universidade Federal de Santa Maria.

Realizou-se a comparação dos resultados obtidos dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, com os valores estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde, n.º 518, a qual estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Também se considerou a Resolução n.º 396/2008 do CONAMA que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para enquadramento das águas subterrâneas.

As análises foram realizadas com os instrumentos e as metodologias descritas no Quadro 1. No local foram avaliadas a temperatura do ar e da água e o oxigênio dissolvido.

---

Equipamentos: marca e modelo	Método descrito por:
------------------------------	----------------------

---

**Parâmetros Físicos**

Cor aparente	Colorímetro/Aqua-Tester/611-A	Macêdo, 2003
Sólidos totais dissolvidos	*	Macêdo, 2003
Turbidez	Turbidímetro Portátil/2100P	Macêdo, 2003
Temperatura da água	Incoterm /0,5°C/168453/01	–
Temperatura do ar	Hygrotherm/0,1°C/7429	–
Condutividade elétrica	Condutivímetro/Analion/C 708	Macêdo, 2003

**Parâmetros Químicos**

pH	pH-metro/Analion/PM 608	Macêdo, 2003
Alcalinidade total	*	Macêdo, 2003
Oxigênio dissolvido	Oxímetro/Digimed/DM-4	Macêdo, 2003
DBO	*	Macêdo, 2003
Potássio	Fotômetro de Chama/Analyser/910M	Macêdo, 2003
Flúor	*	Macêdo, 2003
Cálcio	Fotômetro de Chama/Analyser/910M	**
Magnésio	*	**
Cloretos	*	Macêdo, 2003
Sulfato	*	Macêdo, 2003
Sódio	Fotômetro de Chama/Analyser/910M	**

**Parâmetros Biológicos**

Coliformes Totais	*	Alexander, 1982
Coliformes Fecais	*	Alexander, 1982

\* Em razão do grande número de materiais utilizados, esses não foram discriminados no Quadro 1.

\*\* Leitura direta no equipamento.

Quadro 1 – Metodologias utilizadas para a determinação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água subterrânea.

#### 4.5 Classes de vulnerabilidade natural à contaminação e representação cartográfica

A metodologia “**GOD**” (**G** – *groundwater hydraulic confinement*; **O** – *overlying strata*; **D** – *depth to groundwater table*), elaborada por Foster *et al.*, (2003), foi utilizada para a definição dos índices de vulnerabilidade das diferentes áreas representadas pelas unidades geomorfológicas. Os poços escavados foram tomados como base, em virtude da facilidade para a medida do nível estático e devido à inexistência de tubo guia nos poços tubulares.

A estimativa do índice de vulnerabilidade “**GOD**” seguiu as seguintes etapas, conforme a figura 2: Identificou-se o grau de confinamento hidráulico do aquífero, atribuindo-lhe um índice entre 0,0 a 1,0. Todos foram considerados não confinados, obtendo nota 1,0.

Especificaram-se as características do substrato que recobre a zona saturada do aquífero em termos de: (a) grau de consolidação e (b) litologia, assinalando um índice a este parâmetro em uma escala de 0,4 a 1,0. Utilizaram-se as informações contidas na Carta de Unidades Geotécnicas da cidade de Santa Maria – RS, escala 1:25.000 (MACIEL FILHO, 1990). Observando-se a principal ocorrência de afloramentos da Formação Caturrita, constituída por arenitos médios a finos róseos, com estratificação cruzada acanalada e planar, intercalada com siltitos vermelhos, de ambiente fluvial. Esta pode apresentar um comportamento hidrogeológico de aquífero, aquíferos e aquícludes em função do paleoambiente e da posição topo-estrutural.

Estimou-se a distância ou profundidade ao nível da água (em aquíferos não confinados) ou profundidade do teto da camada do primeiro aquífero confinado, assinalando um índice a este parâmetro em uma escala de 0,6 a 1,0, usando-se trena e/ou freatímetro.

O índice final integrado da avaliação de vulnerabilidade a contaminação de aquíferos “GOD” é o produto dos valores obtidos para cada um dos parâmetros, variando de 0,0 (desprezível) até 1,0 (extrema).

Para espacialização dos dados e construção dos mapas de vulnerabilidade em coordenadas UTM foi utilizado o programa Surfer 8.0. Utilizaram-se vários interpoladores matemáticos.

Também foram simulados a distribuição espacial em cartogramas da superfície potenciométrica e a altitude, onde foram encontrados os poços e fontes, visando obter-se a tendência do fluxo subterrâneo. Foram ainda espacializados: cor, sólidos totais dissolvidos, turbidez, pH, alcalinidade total, teor de potássio e magnésio.

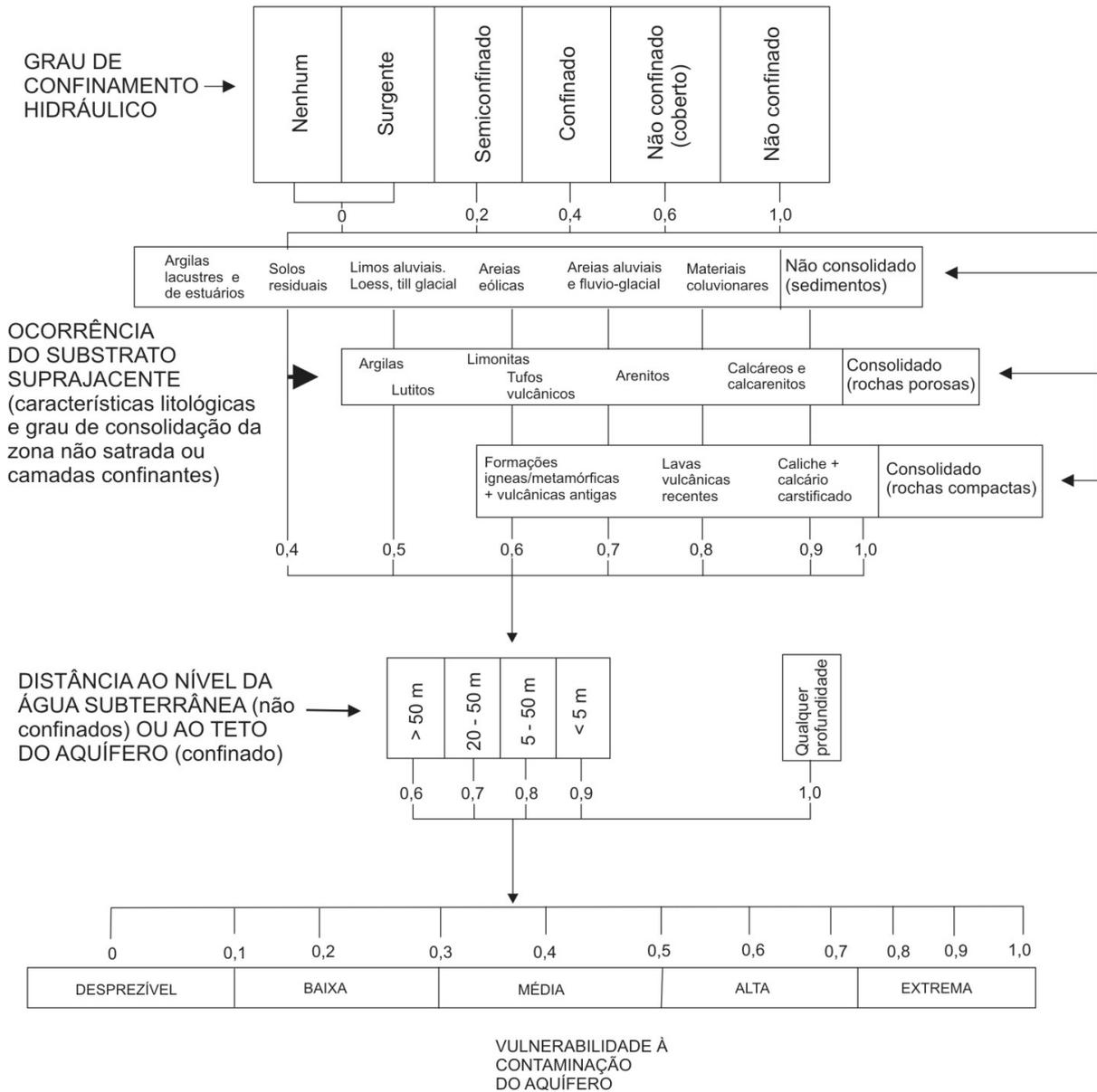


Figura 2 - Croqui da metodologia "GOD" para o cálculo do índice de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos. Fonte: Foster et al., (2003).

## 4.6 Análise de sangue e fezes da população no Bairro Perpétuo Socorro

### 4.6.1 Hemograma e Hepatite A

As amostras de sangue foram coletadas por meio de punção venosa realizada com a colaboração de um acadêmico do Curso de Farmácia do Centro Universitário Franciscano.

Foram coletados aproximadamente 3 mL de sangue e armazenados em tubos de vidro 13 x 75 mm contendo anticoagulante EDTA e mais 5 mL de sangue em tubo sem anti-coagulante para separação do soro humano.

Foram realizadas 37 análises de sangue (Hemograma e Hepatite A), e os responsáveis que concordaram com a participação, assinaram termo consentimento livre e esclarecido (Apêndice C), onde eram explicados todos os procedimentos adotados na pesquisa, bem como possíveis desconfortos ou riscos esperados à saúde e bem estar dos participantes.

Para realização dos hemogramas, as amostras de sangue foram encaminhadas para o Laboratório Escola de Análises Clínicas do Centro Universitário Franciscano, setor de Hematologia, onde foram homogeneizadas e analisadas por meio automatizado (ABX Micros 60 - Horiba).

As amostras de sangue em tubos sem anticoagulantes foram encaminhadas para o Laboratório Escola de Análises Clínicas, setor de Imunologia, onde foram testadas para a presença de anti-VHA total da classe IgG utilizando o teste ImmunoComb® II HAV IgG imunoenzimático em fase sólida (EIA), seguindo a metodologia fornecida pelo fabricante, conforme a figura 3.



Figura 3 - Utilização do Teste ImmunoComb® para Hepatite A, Santa Maria (2008).

#### 4.6.2 Exame de Fezes

Foram coletadas 31 amostras de fezes dos moradores. Para acondicionamento, utilizaram-se frascos específicos para fezes estéreis, transportados em isopor térmico com

gelo em gel para refrigerar. Ao chegarem ao Laboratório Escola de Análises Clínicas do Centro Universitário Franciscano, setor de Parasitologia, os frascos foram armazenados em uma geladeira a temperatura entre 4°C e 8°C até a hora da análise, sendo o procedimento de análise realizado no período máximo de duas horas. O método utilizado foi o de Lutz (1919), mais conhecido como método de Hoffman, Pons e Janer – HPJ (1934), de sedimentação espontânea, que pode ser visualizado na figura 4(a).



Figura 4 – Utilização dos cálices de sedimentação (a) e o exame das lamínas no microscópio (b e c), Santa Maria (2008).

Este método visa identificar a presença de cistos de protozoários e ovos de helmintos. Para a identificação dos parasitas foram dissolvidos cerca de 10g de fezes em 10 mL de água em frasco pequeno, posteriormente filtrados, utilizando-se um cálice de sedimentação. Os frascos foram lavados duas vezes, despejando-se sobre o filtro. O volume do cálice foi completado com água e seu conteúdo homogeneizado com um bastão de vidro e então deixado em repouso por um período de 12 a 24 horas. Com o auxílio de uma pipeta de *paster*, foi retirada uma amostra do fundo do vértice do cálice, e colocado duas gotas na lâmina sendo uma delas misturada com Lugol e cobertas com lamínulas, sendo então examinadas com aumento de 400 vezes em microscópio biológico binocular Olympus CX 40, conforme figura 4(b) e (c).

#### 4.7 Elaboração da cartilha

Durante a realização desta pesquisa confeccionou-se uma cartilha intitulada “Água Subterrânea e a Saúde da Comunidade” (Apêndice D). Esta foi elaborada a partir de revisão de literatura, procurando-se demonstrar os cuidados básicos para com os recursos hídricos subterrâneos e os riscos à saúde da população pelo consumo de água

fora dos padrões de qualidade, adotando-se uma linguagem simplificada a fim de ser entendida por todas as camadas da população envolvida no estudo.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Localização e características das fontes alternativas de abastecimento**

A figura 5 apresenta a localização dos diferentes tipos de poços encontrados no bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro. Do total de 54 fontes alternativas encontradas, 19 são poços escavados, 23 são poços tubulares, duas são fontes nascentes e 10 poços estão desativados. Dos poços em atividade, 30 utilizam bombas submersas ou compressores (air lift) e em 12, a água é retirada manualmente (poços com balde).

#### **5.1.1 Nível estático**

Foram submetidos a medições somente os poços escavados e fontes nascentes. Sendo que o nível estático variou de 0,20 a 4,90 m conforme ilustrado na figura 6. Ribeira (2004) comenta que a vulnerabilidade natural de um aquífero aumenta quanto menor for sua capacidade de atenuação ao impacto e quanto maior for sua acessibilidade.

Não foi possível introduzir o cabo do medidor freatímetro, já que os poços tubulares apresentavam tampa de “boca” lacrada sem tubo guia e, portanto, encontravam-se fora da norma ABNT/NBR 12244/2006, a qual diz que “na instalação de equipamento de bombeamento no poço deve-se colocar uma tubulação auxiliar destinada a medir os níveis da água.” De acordo com o Manual de Perfuração de Poços Tubulares para investigação e captação de água no Sistema Aquífero Guarani (PSAG, 2007) “é recomendado sempre a instalação de uma tubulação de aço galvanizado ou mesmo PVC no diâmetro de ½” ou ¾” com o objetivo de se viabilizar o monitoramento da água em repouso e durante o bombeamento”. Este tubo para medição do nível da água também é conhecido como tubo guia.

## Localização e espacialização dos poços e fontes:

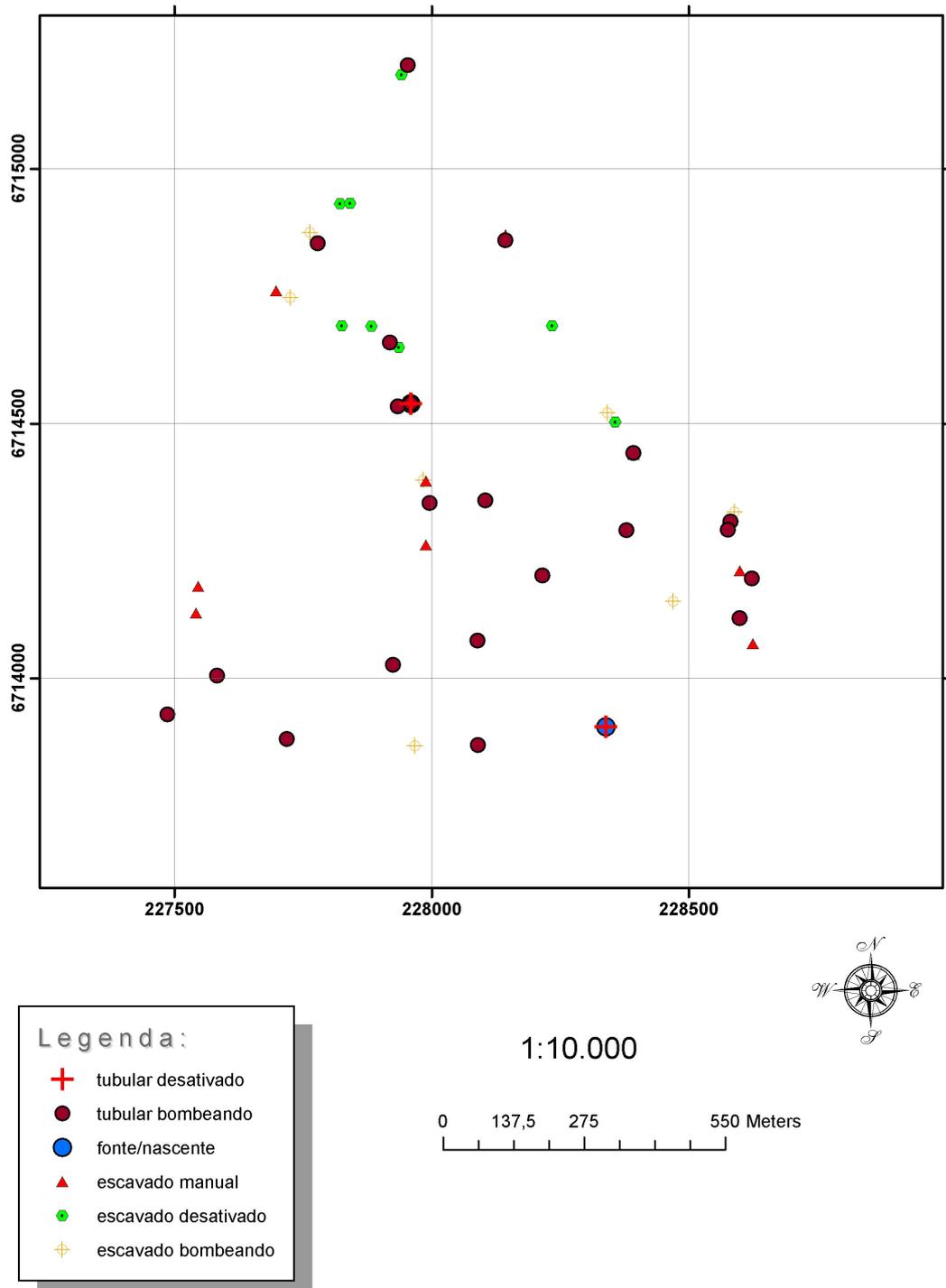


Figura 5 - Localização e espacialização dos poços e fontes do bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).

Na figura 5 pôde observar-se que alguns poços tubulares do setor sudeste encontram-se perfurados em distâncias inferiores a 250 metros o que durante o bombeamento pode influenciar no cone de depressão.

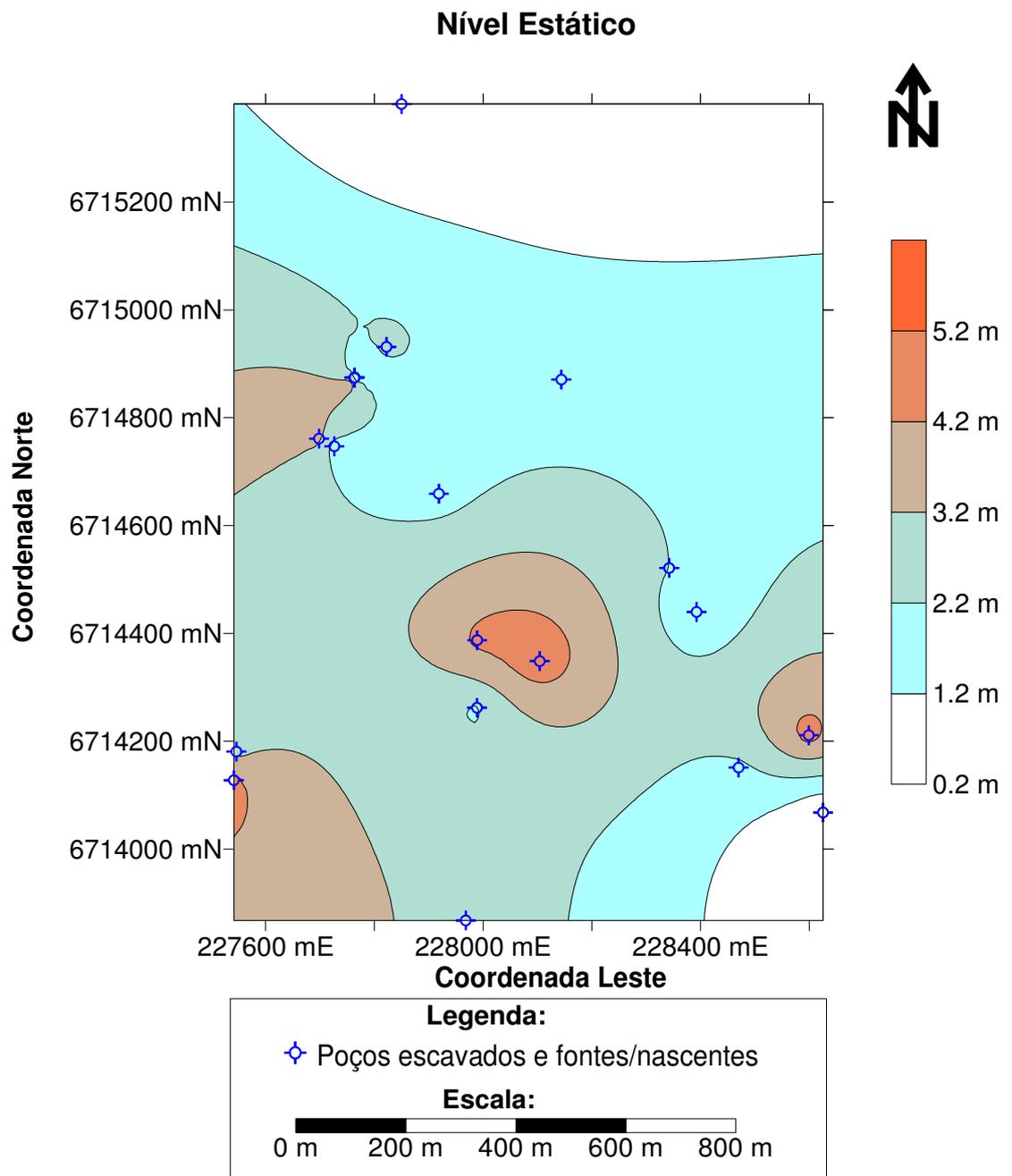


Figura 6 – Cartograma do Nível estático dos 19 poços escavados, Santa Maria (2008).

O Departamento de Recursos Hídricos, Órgão responsável pela Outorga de Uso da água subterrânea da SEMA exige que este seja instalado juntamente com a laje sanitária em concreto de proteção do poço, conforme ABNT/NBR (12212/2006 e 12244/2006). Ainda exige que haja a medição do nível, o cercamento da área como perímetro mínimo de proteção do poço com raio de 10 metros. Também é exigido no Decreto n.º 42047/2002 a instalação do hidrômetro para medição do volume de água.

Portanto, nas 54 fontes alternativas de abastecimento de água avaliadas, tanto os poços tubulares, quanto os escavados que utilizam compressores estão em desacordo com as normas vigentes. Os poços tubulares acoplados de compressor, são construídos com máquina perfuratriz atingindo em torno de 100 metros de profundidade, instalados em diâmetros entre 2” e 3”, impossibilitando a introdução do tubo de medição de nível. Dessa maneira a fase de medição de nível torna-se não executável uma vez que esse parâmetro é um dos que é avaliado no método “GOD” segundo Foster *et al.*, (2003).

Utilizando-se o Método “GOD” conforme Foster *et al.*, (2003), verificou-se que todos os poços escavados e fontes nascentes ficaram com nível da água inferior a 5m, obtendo –se assim nota 0,9. Observou-se que não ocorreu artesianismo jorrante na área avaliada. Foram observados diversos poços, como o ilustrado na figura 7 os quais não apresentaram conformidades de construção e/ou conservação conforme a NBR 12224/2006.



Figura 7 - Depósito de embalagens de óleo lubrificante e outros resíduos junto a poço tubular, Santa Maria (2008).

Dentre estas inconformidades estava o selo de vedação ou sanitário inadequado ou insuficiente, inexistência de laje de proteção, falta de tampa ou tampa inadequada, ausência de tubo guia, detectando-se também que em alguns locais havia presença de fezes de animais nos arredores, acumulação de lixo, embalagens descartadas de produtos químicos, etc. Todos esses fatores isolados ou em conjunto representam risco a saúde das pessoas que utilizam a água dessas fontes alternativas para consumo humano.

Tais condições construtivas, aliadas à falta de limpeza e conservação do entorno dos poços e fontes nascentes, são fatores preocupantes que podem gerar a contaminação da água subterrânea, especialmente em poços escavados com valores baixos de nível estático (Figura 8), os quais podem sofrer influência da água oriunda do escoamento superficial e posterior infiltração no subsolo.



Figura 8 - Poço escavado no nível do terreno sem vedação adequada apresentando risco potencial de contaminação, Santa Maria (2008).

### 5.1.2 Superfície potenciométrica

A superfície potenciométrica avaliada nos 19 poços escavados variou de 58,62 a 176,78 metros. Observa-se que estes poços são rasos e apresentam elevado potencial de contaminação. Este valor será mais bem avaliado no parâmetro “D”, profundidade do nível da água no método “GOD” (FOSTER *et al.*, 2003).

A figura 9 ilustra a variação da superfície potenciométrica dos poços escavados e o fluxo preferencial da água subterrânea.

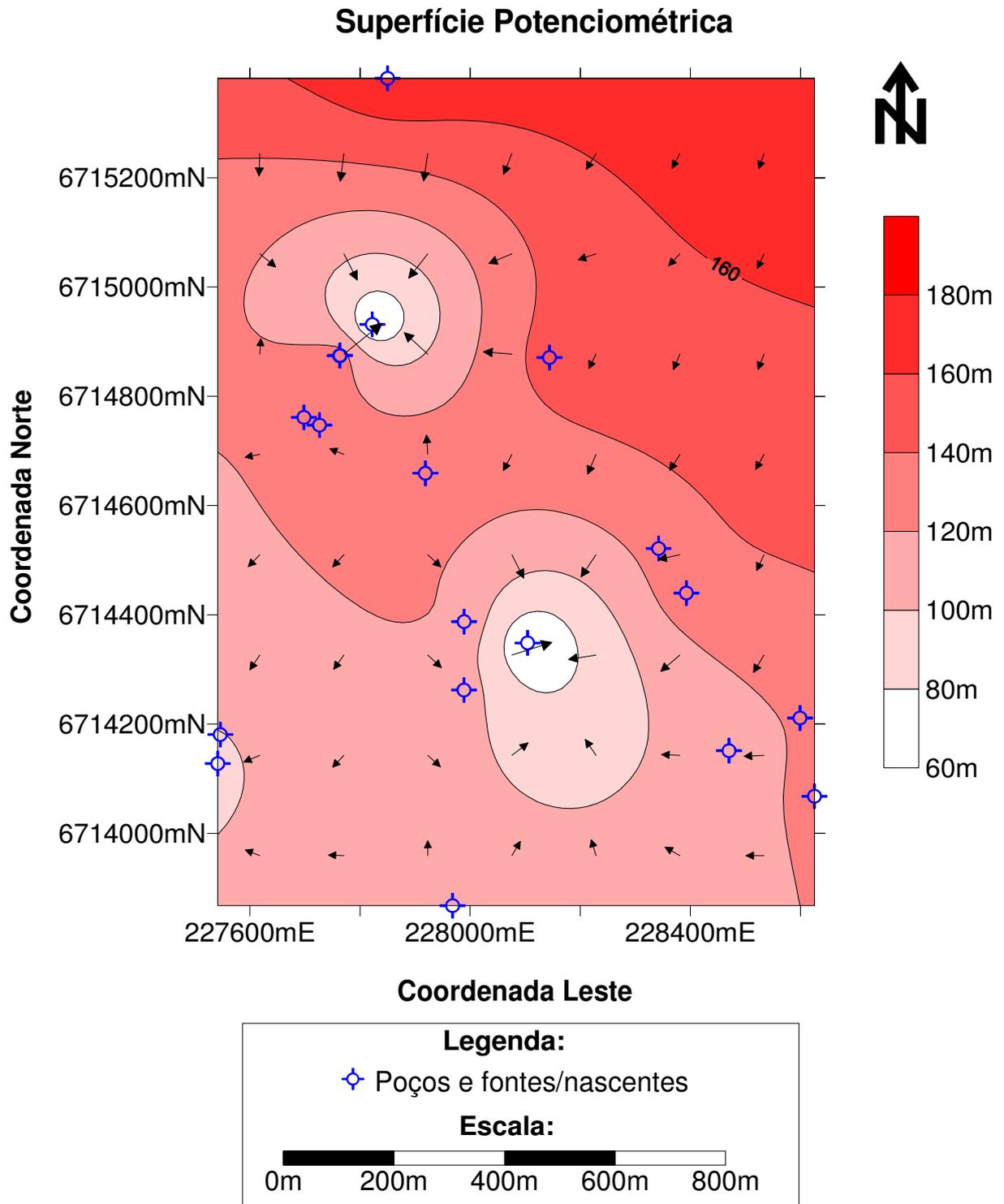


Figura 9 – Variação da superfície potenciométrica dos poços escavados e o fluxo preferencial de água subterrânea, Santa Maria (2008).

A coluna de água sobre o datum nível do mar (Porto de Imbituba –SC) varia numa amplitude de 145 metros, representando o peso de uma coluna de água sobre o datum vertical, supondo-se que todos os espaços porosos granulares estejam preenchidos por água (HEATH, 1983).

Nota-se a ocorrência de altos potenciométricos nas porções Norte e Nordeste do cartograma, favorecendo fluxos subterrâneos divergentes para Sul, Sudoeste e ainda dois pontos da porção Central. A altitude em que se encontram instalados os poços tubulares, escavados e fontes nascentes variou de cotas altimétricas de 61,57 a 176,98 metros conforme ilustrado na figura 10.

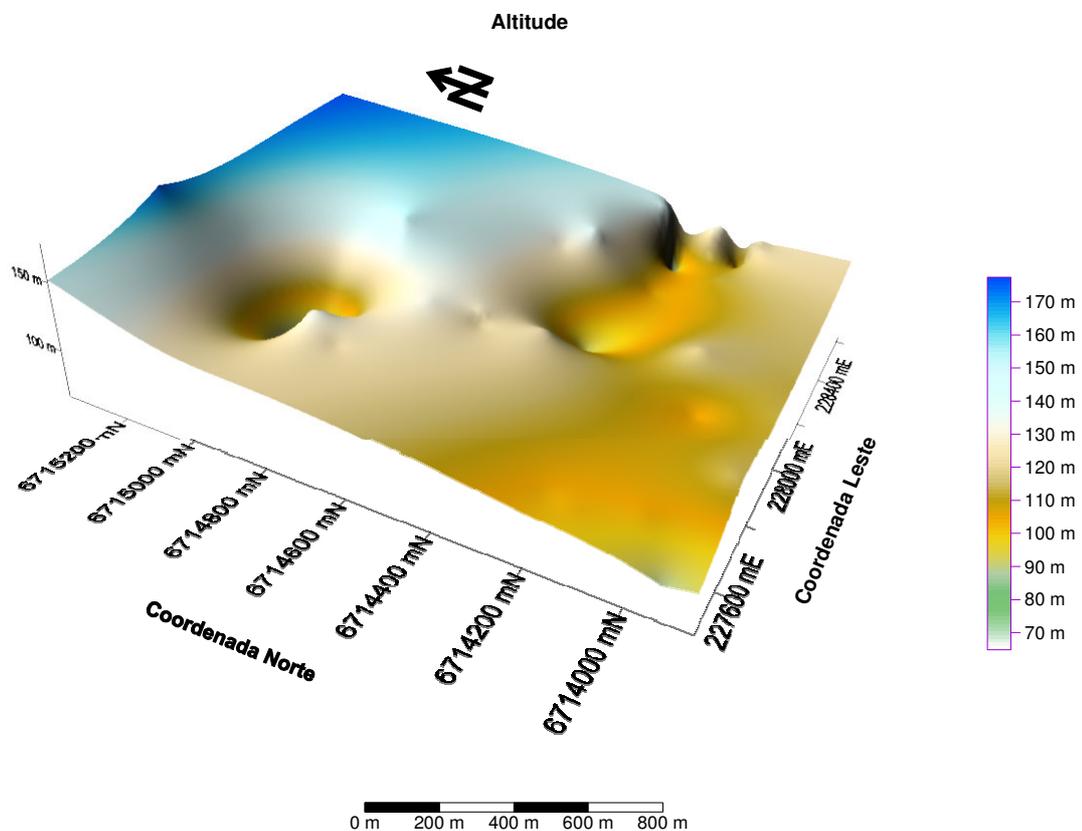


Figura 10 - Variação da cota altimétrica dos poços e fontes nascentes, Santa Maria (2008).

A análise estatística dos dados e a aplicação do método de Poisson nos valores de superfície potenciométrica e altitude dos poços tubulares, escavados e fontes nascentes demonstrou que os mesmos não apresentaram relação significativa.

Os poços escavados foram encontrados no intervalo de 61,57 a 176,98 metros de profundidade sendo que tiveram maior ocorrência no intervalo de 102,48 – 129,25 metros, conforme Quadro 2, penetrando arenitos pertencentes à Formação Caturrita e/ou Formação Santa Maria - Membro Passo das Tropas (GASPARETTO *et al.*, 1990; MACIEL FILHO, 1990). Salienta-se que no bairro estudado não há ocorrência de artesianismo como ocorre em outras localidades de Santa Maria como na Avenida Borges de Medeiros.

<b>Intervalo (m)</b>	<b>Frequência</b>	<b>%</b>
61,57 - 96,71	6	31,6
102,48 - 129,25	7	36,8
130,23 - 176,98	6	31,6
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>100</b>

Quadro 2 - Frequência das cotas altimétricas dos poços escavados.

As duas fontes nascentes ficaram localizadas no intervalo de 130,23 - 176,98 metros.

Com relação aos poços tubulares, estes foram encontrados em todos os intervalos com maior ocorrência na faixa de valores de 102,48 – 129,25 metros (Quadro 3).

<b>Intervalo (m)</b>	<b>Frequência</b>	<b>%</b>
61,57 - 96,71	5	21,7
102,48 - 129,25	12	52,2
130,23 - 176,98	6	26,1
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>

Quadro 3 - Frequência das cotas altimétricas dos poços tubulares.

## 5.2 Análises físico-químicas da água das fontes alternativas de abastecimento

### 5.2.1 Parâmetros físicos

#### *a) Cor*

Dentre os vários parâmetros físicos avaliados, com relação à cor demonstra-se na figura 11 que os valores obtidos nas determinações variaram de 2 a 55 uH. A Portaria n.º 518 de 2004 estabeleceu que o valor máximo da cor aparente para o consumo humano é de 15uH. Dos poços analisados, os escavados foram os que mais ultrapassaram o valor máximo permitido (VMP). No total entre poços escavados e tubulares, 13,63% (4 poços escavados e 2 tubulares) estavam acima do estabelecido como máximo na Portaria n.º 518/2004, causando aspecto negativo na aparência da água. Esses valores elevados podem estar relacionados a presença de substâncias dissolvidas, dentre elas o ferro, o manganês ou ainda pela decomposição de matéria orgânica. Também podem relacionar-se com a presença de esgotos domésticos e industriais, representando assim um risco à saúde humana, no caso de seu consumo. Observa-se que os valores acima do VMP 15 uH situam-se nos setores norte, nordeste e centro-oeste do cartograma.

#### *b) Sólidos Totais Dissolvidos (STD)*

Nenhuma das amostras de água das fontes alternativas analisadas ultrapassou o valor máximo de 1000 mg/L estabelecido pela Portaria n.º 518 de 2004 do Ministério da Saúde para consumo humano, sendo os valores obtidos demonstrados na Figura 12, variando de 12 à 680 mg/L.

Comparando-se estes resultados com a Resolução n.º 396/2008 todas as águas subterrâneas estudadas em relação aos STD se enquadrariam na Classe 1 ( $< 1.000.000\mu\text{g.L}^{-1}$ ).

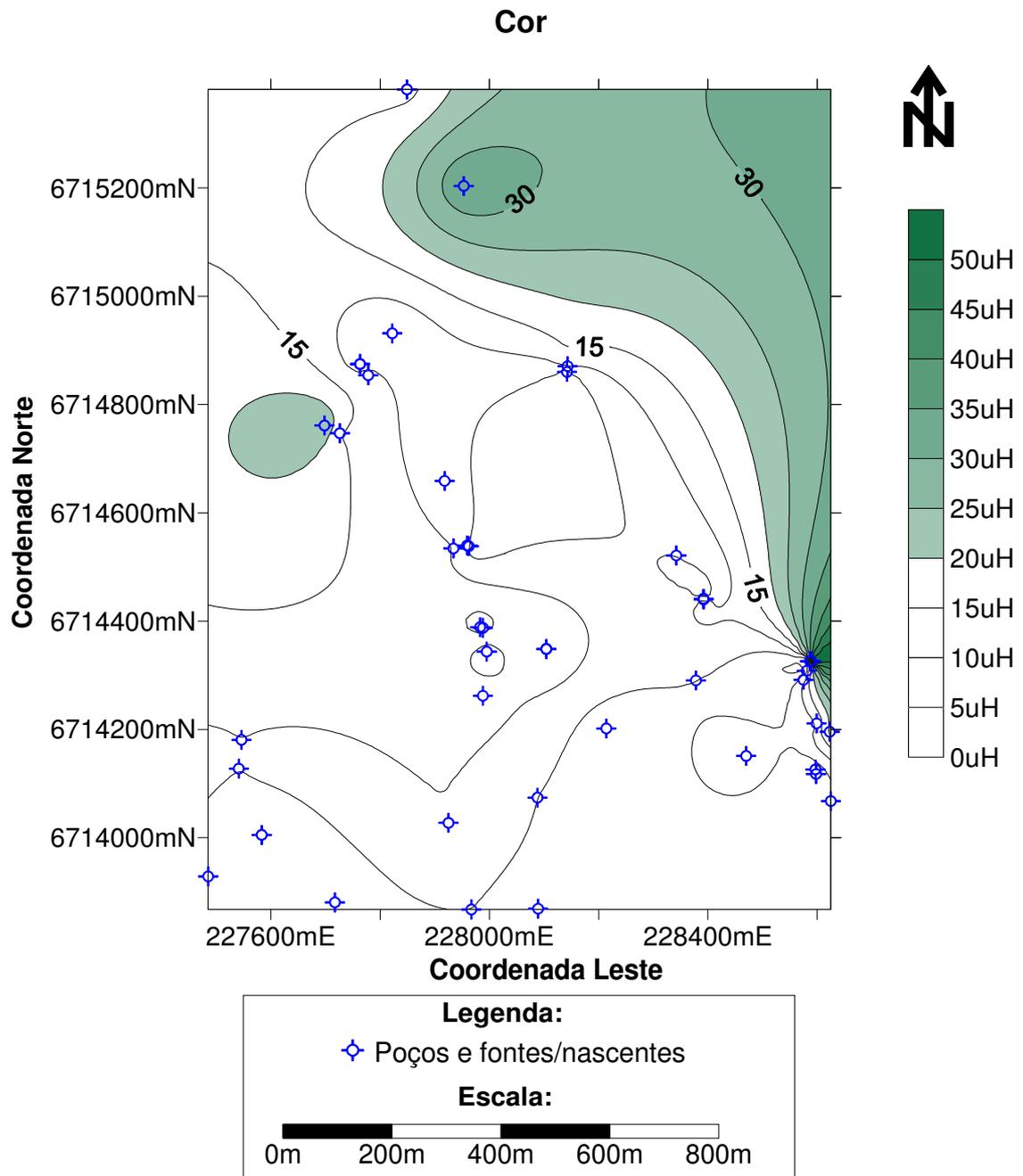


Figura 11 – Cartograma da variação dos valores de Cor na água subterrânea no bairro Perpetuo Socorro, Santa Maria (2008).

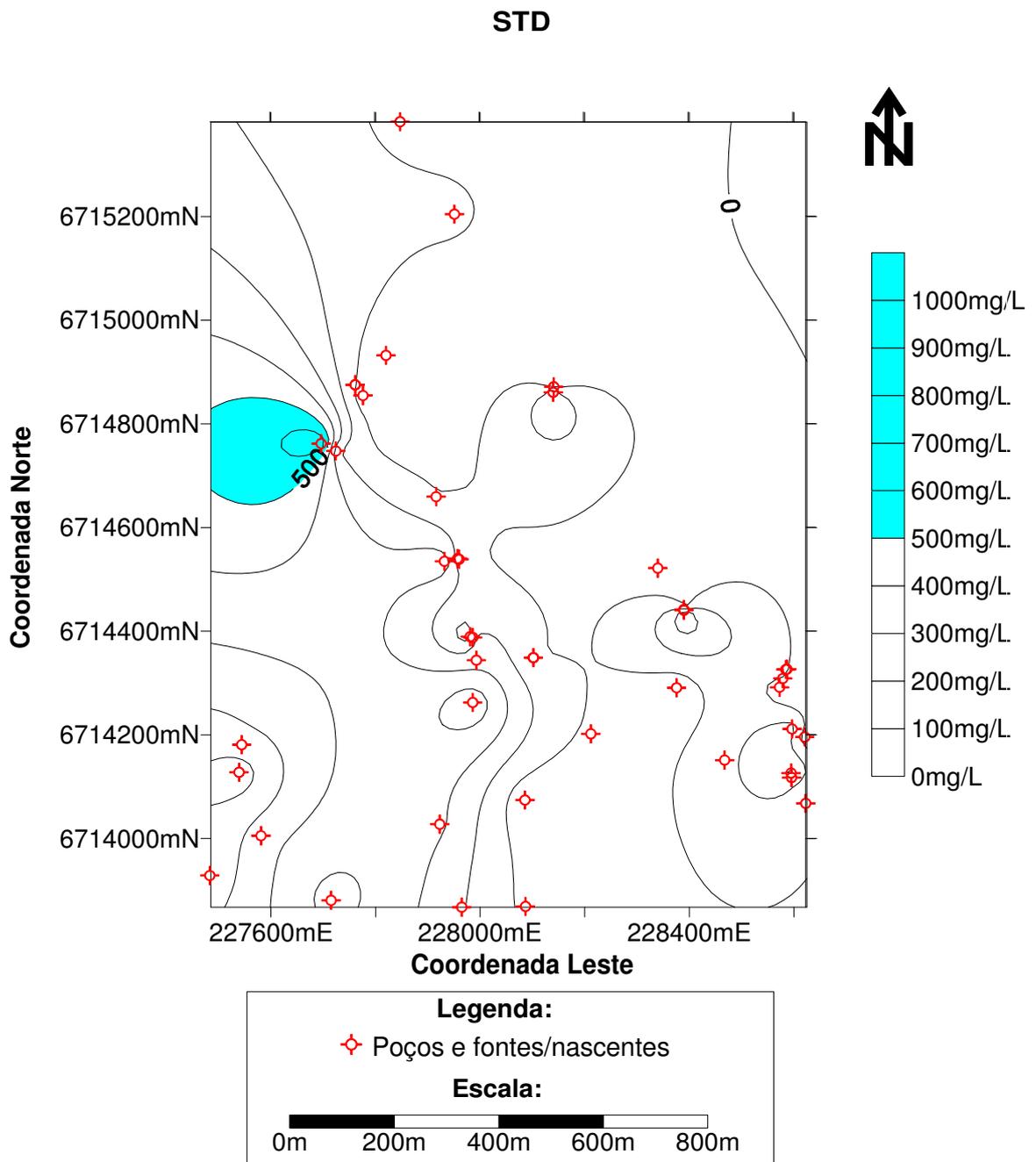


Figura 12 – Cartograma da variação dos valores de Sólidos Totais Dissolvidos na água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).

As amostras não apresentaram problemas com relação aos sólidos totais dissolvidos, uma vez que ficaram abaixo do valor máximo estabelecido para consumo humano, indicando serem naturalmente de baixa mineralização, conforme CPRM (2007).

Possivelmente, os valores elevados estejam relacionados à presença de substâncias dissolvidas ou em estado coloidal presentes nas amostras, ao mau dimensionamento do pré-filtro

ou filtro, quando existente em poços tubulares, o que facilitaria a passagem de partículas mais finas (frações argila e silte).

Nota-se que os valores elevados situaram-se no setor Sudeste e Oeste do cartograma.

#### *c) Turbidez*

O valor máximo permitido (VMP) para a turbidez segundo a Portaria n.º 518/2004 é de 5UT. Observando-se a figura 13, percebe-se que os valores encontrados variaram em uma ampla faixa de 0,3 à 42 UT, indicando desconformidade aos padrões de consumo humano. Sendo que 18,18% das amostras encontravam-se acima do VMP recomendado na Portaria n.º 518/2004, correspondendo a 5 poços escavados e a 3 tubulares. Nota-se que os valores de turbidez recomendados para consumo humano aparecem em uma faixa nos setores noroeste, sudeste e, localmente, sudoeste.

#### *d) Temperatura da água*

Em relação à temperatura das amostras obtidas no local da coleta, entre os meses de outubro (primavera) e dezembro (verão) de 2006, variaram de 13,5 °C a 32,25 °C, sendo que o valor médio foi de 24,25°C. De acordo com o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM (1978), o qual classifica a temperatura das águas minerais, as águas subterrâneas avaliadas podem ser consideradas: Fontes frias, quando sua temperatura for inferior a 25° C e como Fontes hipotermiais quando sua temperatura estiver compreendida entre 25 °C e 33° C. Salienta-se que na região estudada nenhuma das amostras de água avaliadas são minerais, mas poderiam ser consideradas potáveis de mesa, em concordância com a legislação.

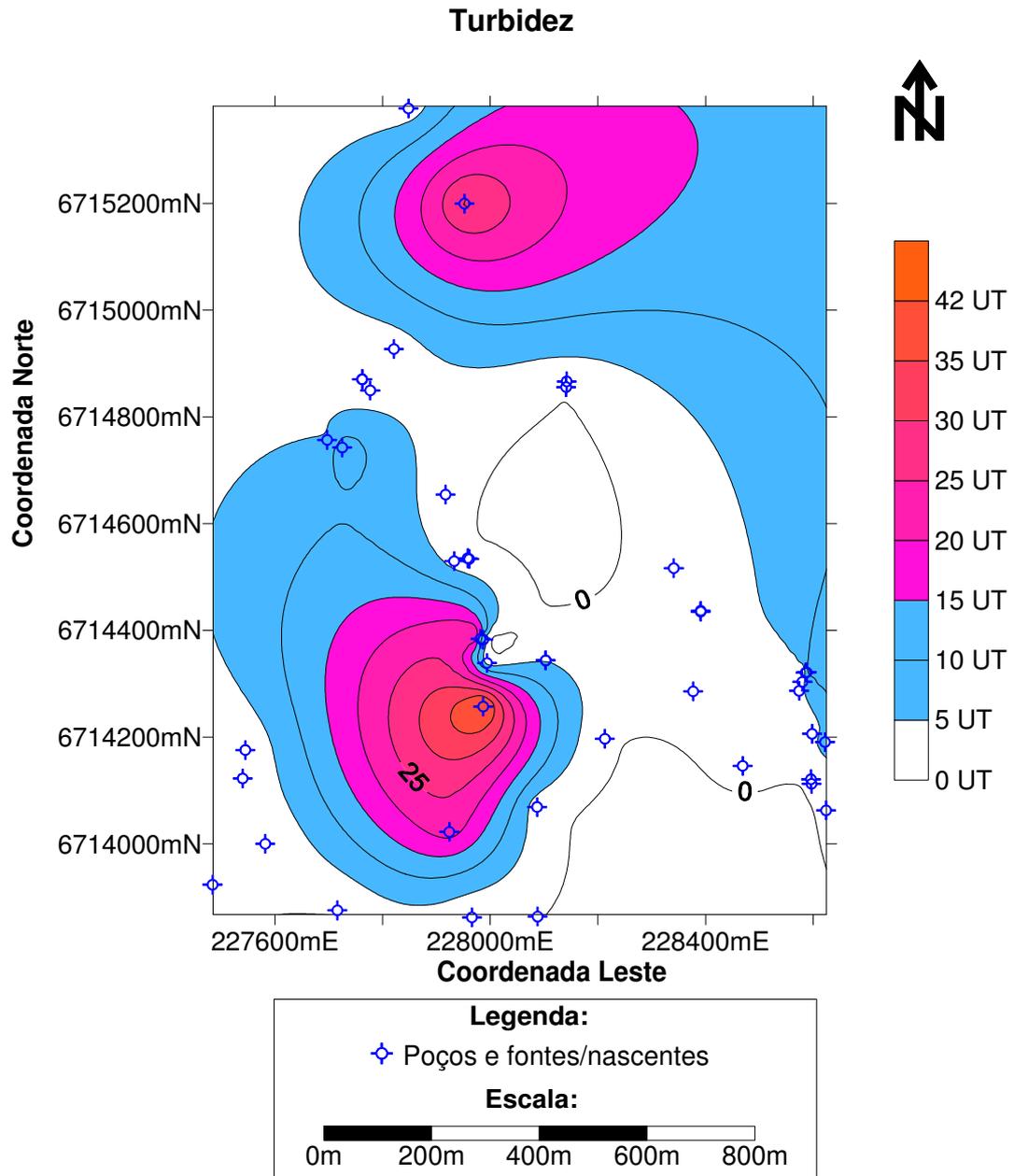


Figura 13 – Cartograma da variação dos valores de Turbidez na água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).

### *e) Condutividade elétrica*

Em relação ao parâmetro condutividade elétrica das amostras, este variou de 4 a 592  $\mu\text{S.cm}$ . Não são feitas referências diretas a esse parâmetro na legislação no que diz respeito ao consumo de água utilizada. No entanto, segundo Chapman e Kimstach (1998), a condutividade elétrica em águas doces varia de 10 a 1000  $\mu\text{S.cm}$ . O valor médio obtido na análise da água dos poços e fontes foi de 290,84  $\mu\text{S.cm}$ , indicando a existência de baixa concentração de sais totais dissolvidos na grande maioria das amostras, sendo consideradas leves.

## 5.2.2 Parâmetros químicos

### *a) pH*

O pH teve variação ampla entre 4,24 a 8,2 enquanto a faixa de variação estabelecida pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde é de 6,0 à 9,5. Cabe lembrar, que valores de pH muito abaixo de 7 são um fator preocupante ao consumo humano devido à característica ácida, segundo Sawyer e Macarty (1967), sendo que das 44 amostras analisadas 77,27% apresentaram valores abaixo de 7,0. Os poços que apresentaram amostras com águas mais ácidas foram os escavados, inclusive o menor valor de 4,24, o que pode estar relacionado à concentração de  $\text{CO}_2$  dissolvido. A figura 14 ilustra a faixa de variação do pH.



Embora a maior parte das amostras apresentasse pH dentro das faixas recomendadas, parte desta população está consumindo água não potável em relação a este parâmetro, representando riscos à saúde humana.

#### *b) Alcalinidade total*

No que diz respeito à alcalinidade total, tanto a Portaria n.º 518/2004 quanto a Resolução n.º 396/2008 não fazem qualquer referência de VMP à alcalinidade total. Os valores encontrados variaram de 0 a 180 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. A figura 15 ilustra a variação da alcalinidade ao longo da área em estudo. Observaram-se valores mais elevados na porção central e sudoeste do cartograma enquanto que os valores mais baixos ocorrem no setor nordeste e centro-oeste.

Segundo Zimbres (2006) a alcalinidade total, no caso das águas subterrâneas é devida principalmente à ocorrência de carbonatos e bicarbonatos e, secundariamente, aos íons hidróxidos, silicatos, boratos, fosfatos e amônia. A alcalinidade total representa a soma da alcalinidade produzida por todos estes íons presentes em uma amostra de água, uma vez que em quase todas as amostras avaliadas, o pH foi inferior a 8,2, o que indica que esta é devida a ocorrência de íons HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

A alcalinidade das águas subterrâneas, geralmente situa-se entre 100 e 300mg/L de CaCO<sub>3</sub>, e somente em casos excepcionais pode atingir 300mg/L de CaCO<sub>3</sub> (FRANCA *et al.*, 2006). Portanto, comparando-se com os valores obtidos nesta pesquisa 86,36% das amostras estão abaixo da faixa citada por Franca *et al.*, (2006) e 13,64% (3 poços escavados e 3 poços tubulares) variaram de 100 a 180 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

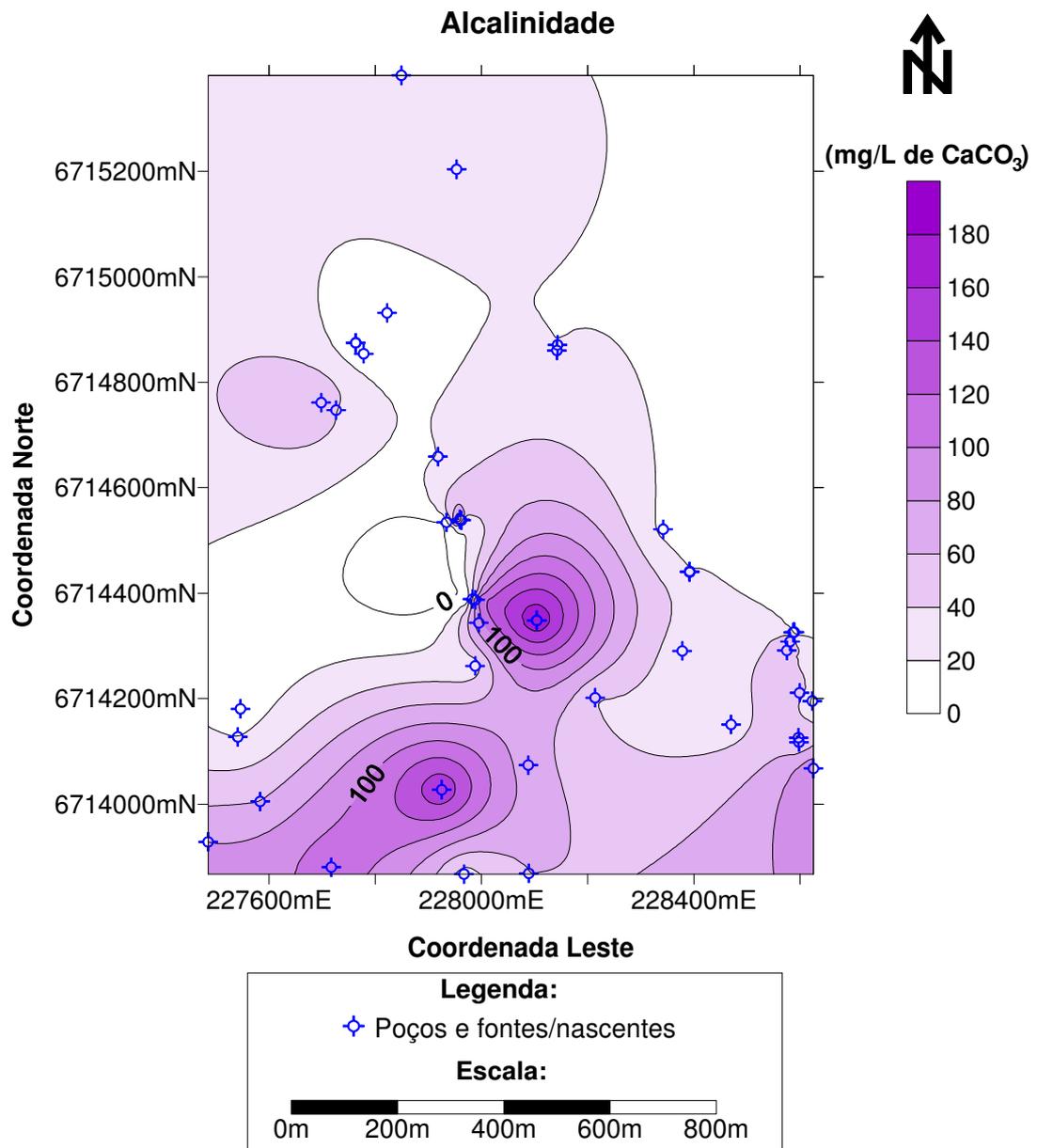


Figura 15 - Cartograma de variação da alcalinidade na água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).

*c) Oxigênio dissolvido (OD)*

No que se refere ao parâmetro O.D., sua variação de concentração ocorreu entre 1,68 e 19,82 mg/L. Conforme Feitosa e Manoel Filho (1997), os valores deste parâmetro, no caso das águas subterrâneas, ficam entre 1 e 5 mg/L.

O oxigênio dissolvido (OD) indica o grau de arejamento da água. É um excelente indicativo da qualidade da água. A introdução de OD no recurso hídrico ocorre através da fotossíntese, da ação de aeradores ou do próprio contato do ar atmosférico (MACÊDO, 2003). Assim a faixa de valores bem acima de 5mg/L de OD estaria indicando uma característica natural do local analisado ou ainda, ação antropogênica, a qual merece estudos futuros.

A temperatura do ar nos dias de amostragem variou de 20,3 °C a 31,8 °C, sendo o valor médio encontrado foi de 25,62°C, este parâmetro foi avaliado uma vez que ele relaciona-se diretamente com a concentração de oxigênio dissolvido na água.

#### *d) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)*

A DBO nas 44 amostras analisadas variou de 0,49 a 10,31mg/L de O<sub>2</sub>. O valor médio foi 3,15mg/L de O<sub>2</sub>. Do total de amostras analisadas 13,63% (4 poços tubulares e 2 escavados) apresentaram valores acima de 5mg/L de O<sub>2</sub>, sendo que o valor máximo encontrado (10,31mg/L de O<sub>2</sub>) é pertencente à água de um poço escavado. Nas águas subterrâneas, os valores de concentração de DBO comumente situam-se na faixa de 1 a 5mg/L de O<sub>2</sub>, os valores acima de 10mg/L de O<sub>2</sub> podem ser um claro parâmetro indicativo de contaminação (SANTOS, 1997).

Destaca-se que nas legislações consideradas neste trabalho não são feitas referências a DBO.

#### *e) Potássio (K<sup>+</sup>)*

Conforme ilustrado na figura 16, os valores de concentração do potássio variaram de 0,1 a 11,0 mg/L. Observa-se que as concentrações mais elevadas ocorreram no setor norte, noroeste associadas à Formação Caturrita. Em duas das amostras o valor encontrado foi de 0,1 mg/L, e em apenas uma amostra de fonte nascente o valor foi superior a 10mg/L, sendo que o valor encontrado de 11,0 mg/L, pode estar relacionado com o tipo rochoso no ponto de localização da fonte, constituído por argilominerais potássicos ou ainda minerais de composição tipo micas: biotitas  $(H,K)_2(Mg,Fe)_2Al_2(SiO_4)$ , muscovítica

( $2\text{H}_2\text{O}\cdot\text{K}_2\text{O}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2$ ), mas também feldspatos do tipo microclina ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), (COSTA, 1965 *apud* FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Nas águas subterrâneas os teores de potássio são geralmente inferiores a 10 mg/L, sendo mais frequentes valores entre 1 e 5 mg/L conforme Feitosa e Manoel Filho (1997). De acordo com a Portaria n.º 518/2004 e Resolução n.º 396/2008, não existe VMP para consumo humano deste elemento.

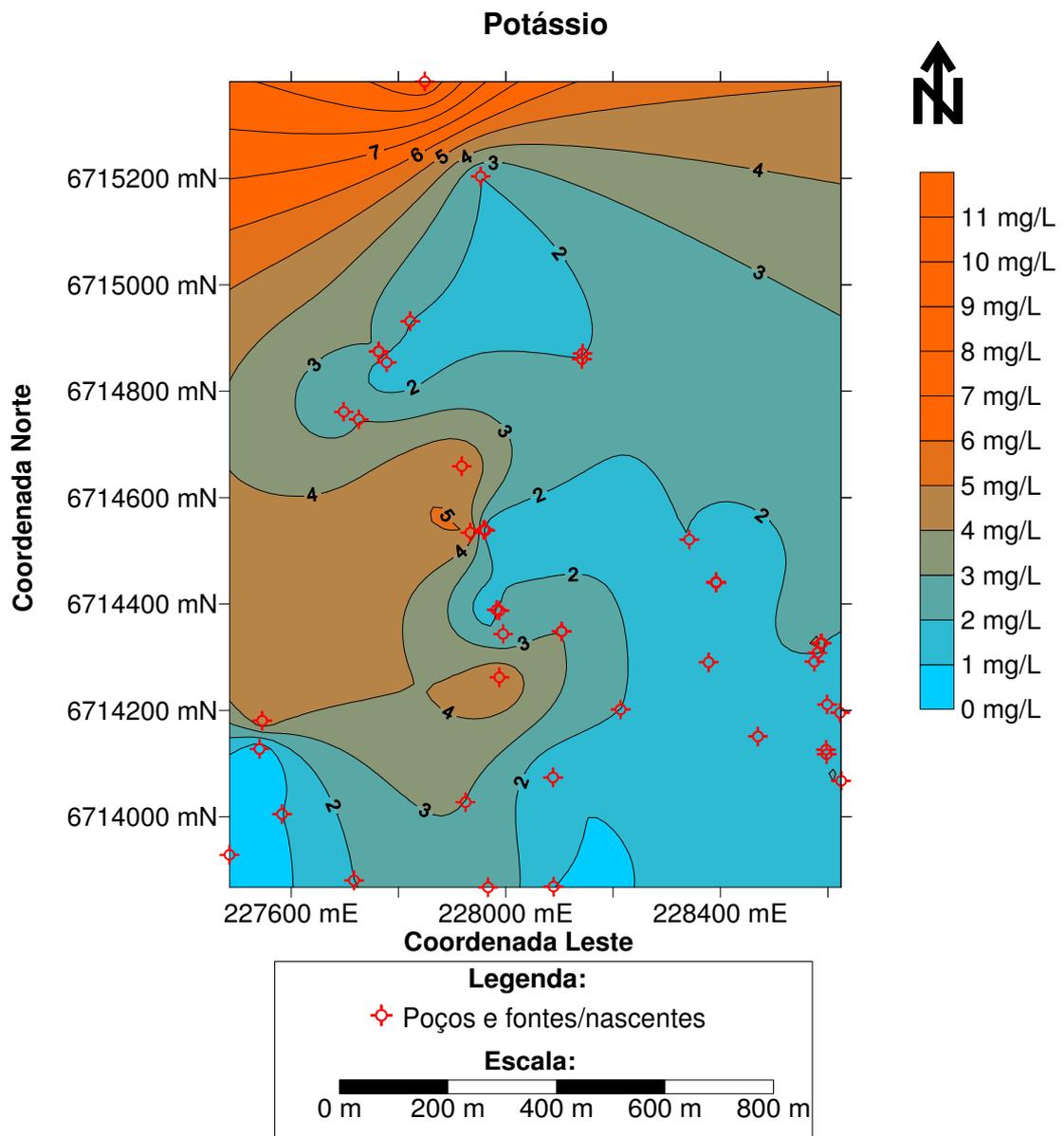


Figura 16 – Cartograma da variação dos valores de Potássio na água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).

f) Magnésio ( $Mg^{+2}$ )

Nas amostras analisadas, a variação da concentração de magnésio foi de 0,3 a 48,3 mg/L, conforme apresentada na Figura 17, sendo que os valores mais elevados encontrados foram obtidos na água dos poços escavados com média de 5,72 mg/L.

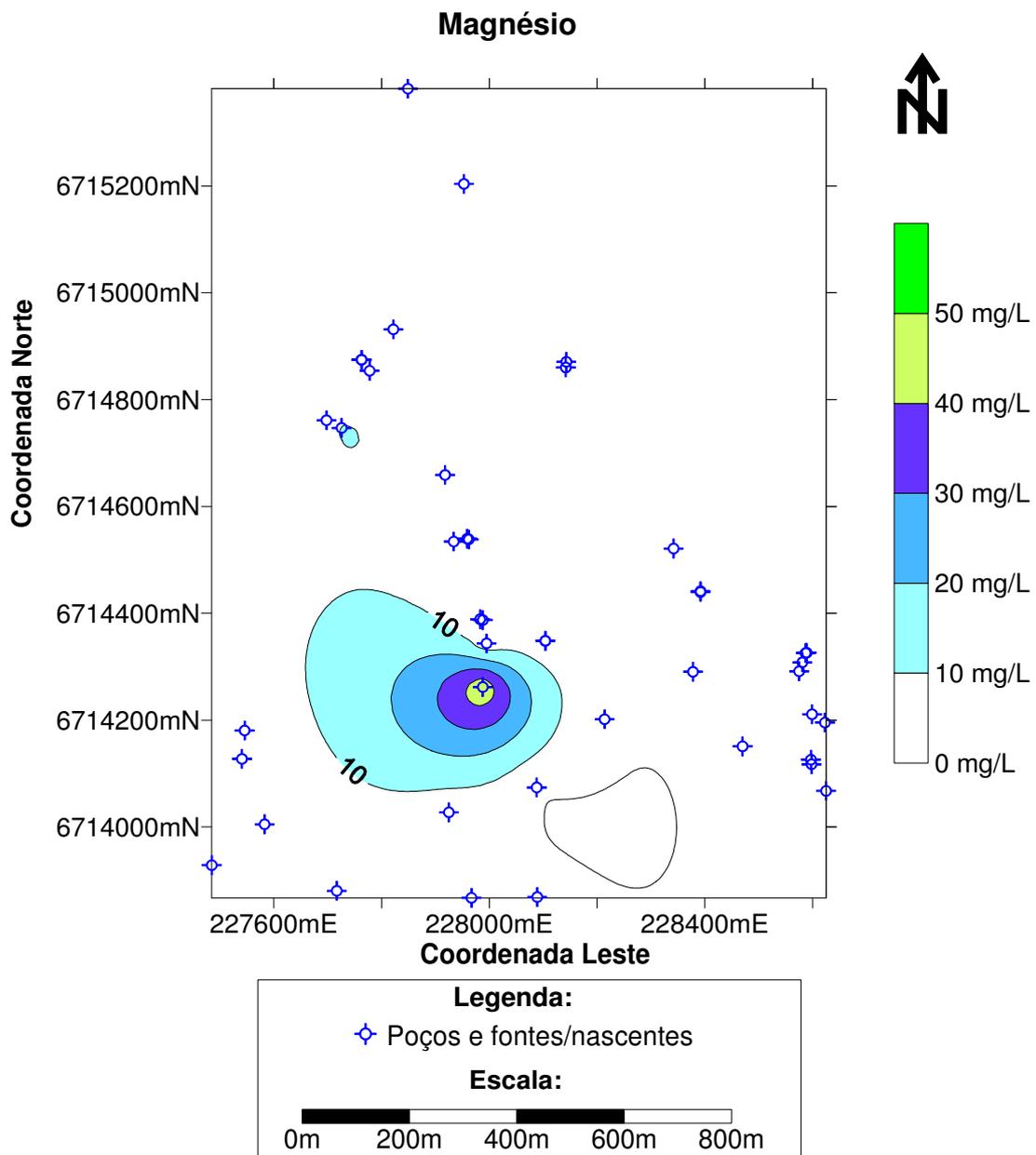


Figura 17 – Cartograma da variação dos valores de Magnésio na água subterrânea no bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).

Segundo Feitosa e Manoel Filho (1997), as águas subterrâneas apresentam teores de  $Mg^{+2}$  no intervalo de 1 a 40 mg/L. No corpo humano, o magnésio tem a função de converter o açúcar em energia, além de ser necessário para o bom funcionamento dos nervos e músculos. Sua deficiência causa nervosismo e tremores, enquanto seu excesso é maléfico para a saúde humana, provocando distúrbios intestinais. O magnésio ocorre principalmente em rochas carbonatadas, e juntamente com o cálcio, é o responsável pela dureza e produz gosto salobro nas águas, ocorrendo sob forma geral de bicarbonato. De acordo com Feitosa e Manoel Filho (1997), o magnésio pode ter origem em biotitas  $(H,K)_2(Mg,Fe)_2Al_2(SiO_4)_2$ . O único valor que ultrapassou a faixa normal de variação do magnésio citada, também foi registrado em um poço escavado (48,3mg/L), localizado no setor sudoeste do cartograma.

g) *Nitrato ( $NO_3^-$ )*

Foram analisadas sete amostras, todas em poços escavados onde o nitrato variou de 0,7 a 7 mg/L, ficando abaixo do valor máximo permissível estabelecido na Portaria n.º 518/2004 que indica como valor máximo permissível 10 mg/L. Ressalta-se ainda que as concentrações encontradas estão de acordo com a faixa indicada para consumo humano com VMP de  $10.000 \mu g.L^{-1}$ , conforme a Resolução n.º 396/2008 do CONAMA. Deve-se lembrar que nesta Resolução os nitratos encontram-se entre os parâmetros mínimos obrigatórios e o valor de Referência de Qualidade (VQR de nitrato expresso em N) seria enquadrado na Classe 1, apresentando concentração de  $NO_3^- < 10.000 \mu g.L^{-1}$ .

Segundo Lewis (1986), o nitrato é normalmente o contaminante de ocorrência mais comum nos grandes centros urbanos, devido principalmente à contaminação por atividades domésticas através das fossas, esgotos, lixo, cemitério, adubos nitrogenados e resíduos de animais. Alguns autores como Alaburda e Nishihara (1998), consideram que concentrações superiores a 3 mg/L de nitrato em amostras de água são indicativos de contaminação por atividades antropogênicas. A presença de compostos de nitrogênio nos seus diferentes estados de oxidação é indicativa de contaminação do aquífero e de possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias. O nitrito e o nitrato provocam dois efeitos adversos à saúde, que são

a indução a metahemoglobinemia, especialmente em crianças e, a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (LEWIS *et al.*, 1986).

Packham (1992) relatou que mais de 2000 casos de metahemoglobinemia, com casos fatais em torno de 8%, foram descritos na literatura até 1970. Este citou a existência de diversos estudos relacionando os níveis elevados de nitrato em água de poços, com incidência de câncer gástrico. Segundo Bouchard *et al.* (1992), estudos realizados na Austrália e Canadá mostraram aumento significativo de malformação congênita associada à ingestão de alta concentração de nitrato. Na área em estudo, observou-se que existe esgotamento sanitário em parte do Bairro, juntamente com a existência de fossas sépticas para tratamento do esgoto doméstico. Ainda observou-se a existência de latrinas sem qualquer tratamento dos resíduos. Assim, pela faixa de concentração observada de nitratos (0,7 a 7 mg/L), mesmo com a utilização de sistemas inapropriados não se constatou contaminação nas águas subterrâneas no período avaliado.

#### *h) Cálcio ( $Ca^{+2}$ )*

Os valores de concentração obtidos variaram de  $< 0,1$  a 241 mg/L de  $Ca^{+2}$ , sendo que apenas um poço escavado apresentou valor superior a 100 mg/L (241 mg/L), outros três poços (dois escavados e um tubular) apresentaram valores abaixo do limite de detecção do aparelho, utilizado na determinação, sendo considerado o valor de 0,1 mg/L. O cálcio é o elemento em maior quantidade na maioria das águas e rochas do planeta. É comum precipitar-se como carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ) em água com o pH maior ou igual a 8,2. Comumente apresenta-se sob a forma de bicarbonato. A solubilidade do bicarbonato de cálcio aumenta a presença de sais de  $Na^+$  e  $K^+$  (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

Sua concentração também está relacionada com o teor de gás carbônico dissolvido, que por sua vez depende da temperatura e da pressão atmosférica, indo assim determinar a solubilidade do bicarbonato de cálcio. As variações de temperatura e pressão levam a modificações na concentração de  $CO_2$  dissolvido na água, o que refletirá na forma do cálcio, levando a solubilização do carbonato de cálcio ou a sua precipitação (ZIMBRES, 2006). Tanto a Organização Mundial da Saúde quanto a Portaria n.º 518/2004 do Ministério da Saúde, e ainda a Resolução n.º 396/2008, não fazem referência a concentração de cálcio isoladamente, mas este elemento aparece associado à dureza total. Alguns autores como Feitosa e Manoel

Filho (1997) apresentam a faixa de variação para as águas subterrâneas naturais, com teores variando entre 10 e 100 mg/L. Das amostras de água analisadas apenas 22,72% situaram-se entre 10 e 100 mg/L de  $\text{Ca}^{+2}$ , sendo que apenas um poço escavado ultrapassou os 100 mg/L, tendo como valor determinado 241 mg/L de  $\text{Ca}^{+2}$  associado a um pH levemente ácido de 6,8. Neste poço o proprietário relatou o uso de enxofre e iodo para o tratamento da água subterrânea. As demais amostras apresentaram valores abaixo de 10 mg/L de  $\text{Ca}^{+2}$  em uma faixa de pH entre 4,24 e 8,2, variando de ácido a alcalino. Comparando-se a faixa de variação das concentrações de cálcio na ordem de 0,1 a 241,0 mg/L e magnésio de 0,3 a 48,3 mg/L constatou-se maior concentração relativa de cálcio nas águas.

#### *i) Dureza*

No que diz respeito à dureza das águas, a variação de sua concentração se deu entre 4,96 e 800,57 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , evidenciando ampla faixa de variação da concentração. De acordo com a Portaria n.º 518/2004, as águas são potáveis em relação a este parâmetro quando apresentam valores inferiores a 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Apenas uma amostra de poço escavado apresentou valores acima do permitido (800,57 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ) sendo considerada muito dura, na classificação de Custódio e Llamas (1983, *apud* FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997). As outras amostras avaliadas foram classificadas em brandas (88,63% das amostras) e pouco duras (9,09%). Portanto, houve um predomínio de águas brandas na área avaliada.

#### *j) Sódio ( $\text{Na}^+$ )*

Os valores de concentração de sódio nas amostras de água variaram de 2 a 112 mg/L, ficando abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria n.º 518/2004 que é 200 mg/L, sendo os valores considerados normais.

Também foram considerados dentro da faixa de padrões para consumo humano estabelecida pela Resolução n.º 396/2008 com VMP 200.000  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . O sódio é um elemento químico normalmente presente nas águas subterrâneas. Seus principais minerais fonte são os feldspatos plagioclásios, os quais são pouco resistentes aos processos intempéricos,

principalmente os químicos. Os sais formados nestes processos são muito solúveis. Nas águas subterrâneas o teor de sódio varia entre 0,1 e 100 mg/L, sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal alcalino a partir das zonas de recarga (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

A quantidade de sódio presente na água é um elemento limitante de seu uso na agricultura. Em aquíferos litorâneos, a presença de sódio na água poderá estar relacionada à intrusão da água do mar. Segundo a OMS (2003), o valor máximo recomendável de sódio na água potável também é 200 mg/L, o mesmo adotado na Resolução n.º 396/2008, apenas expressando a concentração em  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

#### *k) Flúor ( $F^-$ )*

Os valores de concentração de flúor nas amostras variaram de 0,25 mg/L a 1,80 mg/L de Flúor, sendo que apenas uma amostra proveniente de fonte nascente ultrapassou o VMP estabelecido pela Portaria n.º 518/2004 que é 1,50 mg/L. Já a faixa de concentração estabelecida pelo Estado do Rio Grande do Sul, normatizada pela Portaria 10/99 da Secretaria do Estado, é mais restritiva, ficando o VMP entre 0,6 e 0,9 mg/L de Flúor. Os fluoretos ocorrem tanto em rochas sedimentares como em rochas ígneas. Até certa concentração, reduzem as cáries, em maiores concentrações causam manchas nos esmaltes dos dentes, conhecida como fluorose dentária. Também pode causar danos na constituição óssea de crianças e adultos (BATALHA e PARLATORE, 1977).

O flúor possui solubilidade limitada e pouco contribui para a alcalinidade da água, pois se hidrolisa rapidamente. Suas concentrações estão entre 0,1 e 1,5 mg/L nas águas naturais, podendo chegar até 10 mg/L e, raramente a 50 mg/L em águas muito sódicas com pouco cálcio. A presença de cálcio limita a concentração de flúor (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997).

De acordo com Hem (1970 e 1985) a faixa de concentração de flúor na maioria das águas naturais, as quais apresentam um conteúdo de sólidos totais dissolvidos (STD) inferior a 1000mg/L, é menor do que 1mg/L. Silvério da Silva *et al.* (2000) estudaram as concentrações de flúor em 28 poços tubulares do município de Santa Maria, e encontraram apenas três valores que ultrapassaram o VMP estipulado pela Portaria n.º 518/2004. Em 2002, citaram-se valores de até 11 mg/L em águas subterrâneas do Sistema Aquífero Guarani (SAG) nos municípios de Venâncio Aires e Santa Cruz do

Sul, sugerindo que nem todas as águas do SAG são doces, nem potáveis. Desta forma, pode-se dizer que as águas subterrâneas avaliadas pertencentes ao Sistema Aquífero Guarani no Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro no Município de Santa Maria apresentam concentrações de flúor na faixa do VMP considerado próprio para consumo humano. Salienta-se que a fonte nascente com concentração de 1,80 mg/L de flúor apresentou pH ácido de 6,2 e uma concentração de sódio dentro da faixa do VMP.

#### *l) Cloretos ( $Cl^-$ )*

Os valores de concentração de cloretos obtidos nas 44 amostras variaram de 0,69 a 97,27 mg/L de  $Cl^-$ , sendo que o valor médio encontrado foi de 18,11 mg/L de  $Cl^-$ . Tais resultados estão dentro da faixa considerada de normalidade do VMP e não representam riscos a saúde humana, de acordo com a legislação atual. De acordo com Feitosa e Manoel Filho (1997), as águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloretos inferiores a 100mg/L, o que vem ao encontro dos resultados obtidos neste estudo.

Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar. A portaria n.º 518/2004 do Ministério da Saúde estabeleceu o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável, mesmo valor estabelecido pela Resolução n.º 396/2008, sendo que nenhuma das amostras ultrapassou tal valor de concentração.

#### *m) Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ )*

A variação da concentração dos sulfatos nas 44 amostras avaliadas foi de 15,73 a 72,33 mg/L, apresentando um valor médio de 28,35 mg/L. De acordo com Feitosa e Manoel Filho (1997), as águas subterrâneas apresentam geralmente teores de sulfato inferiores a 100 mg/L, valores semelhantes aos encontrados neste estudo. Os sulfatos da água subterrânea são derivados, principalmente da solubilização da gipsita ( $(CaSO_4) \cdot 2H_2O$ ) ou anidrita ( $CaSO_4$ ), sulfatos de cálcio. O sulfato de magnésio (sal de Epson) e o sulfato de sódio (sal de Glauber), se presentes em quantidades suficientes, conferem sabor amargo à água, que pode atuar como

laxativo em pessoas não habituadas a ingeri-la, geralmente não apresentam valores superiores a 100mg/L (CARVALHO, 2000).

A Resolução n.º 396/2008 estipulou a concentração do VMP do sulfato em 250.000  $\mu\text{g.L}^{-1}$  para a Classe 1, logo conclui-se que todas as amostras avaliadas encontram-se de acordo com o padrão, não representando riscos à saúde dos consumidores em relação as suas concentrações.

### 5.2.3 Parâmetros biológicos

#### a) *Coliformes Totais e Coliformes Fecais*

Com relação aos resultados obtidos na determinação de Coliformes Totais, 43,18% (12 poços tubulares, 6 poços escavados e as duas fontes nascentes) das fontes alternativas avaliadas apresentaram contaminação. Das 44 fontes alternativas em atividade no Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, 40,90% (13 poços escavados, 4 poços tubulares e uma fonte nascente) apresentaram contaminação por coliformes fecais, onde a variação foi de 7,4 NMP/100 mL até valores superiores a 1100 NMP/100 mL. Foi encontrado elevado percentual de amostras com coliformes tanto totais como fecais, indicando água imprópria para consumo humano segundo a Portaria n.º 518/2004, que classifica como água potável aquela em que não há a presença de coliformes (totais e fecais) em uma amostra de 100 mL. A Resolução n.º 396/2008 do CONAMA cita que para as águas subterrâneas se enquadrarem nas Classes 1, 2 e 3, devem apresentar ausência de coliformes termotolerantes em 100mL. Conclui-se então que todas as amostras com ocorrência de coliformes enquadram-se em classe superior à Classe 3. A presença de coliformes fecais indica a possibilidade de contaminação por fezes e, conseqüentemente de microorganismos patogênicos existentes nas mesmas, que por serem mais raros e mais frágeis tornam-se difíceis de serem evidenciados.

Ávila *et al.*(1989) comparando índices de coliforme na água para abastecimento e casos de gastroenterite, observaram que a incidência de gastroenterite aumentava à medida que diminuía o percentual de amostras aceitáveis (próprias para o consumo). A incidência de gastroenterite foi de 116/1.000 habitantes nas áreas onde nenhuma amostra foi considerada aceitável para coliformes totais e foi observado coliformes fecais em 42,9% das amostras; a

incidência caiu para 49/1.000 habitantes, nas áreas em que foi encontrado 41,5% de amostras como aceitáveis para coliformes totais e que tiveram 5,7% das amostras com presença de coliforme fecal.

Abramovich *et al.* (1998), estudando a associação entre consumo de água de origem subterrânea e transmissão de enteroparasitoses numa população composta por crianças de 4 meses a 12 anos, residentes em três cidades da Província de Santa Fé, Argentina, encontraram amostras positivas para oocistos de *Cryptosporidium spp.*, em amostras de água proveniente de um dos poços investigados e submetida ao processo de desinfecção, com dosagem de cloro variando de 1 a 2 mg/L. Entre a população que consumia esta água, observou-se que 47,1% das amostras de fezes analisadas estavam positivas para enteroparasitos, das quais 20,6% por oocistos de *Cryptosporidium spp.* Segundo Bastos *et al.* (2001), vários estudos demonstram que o *Cryptosporidium* circula entre as rotas de transmissão hídrica no Brasil. Gamba *et al.* (2000) detectaram oocistos de *Cryptosporidium* em oito dentre dez poços rasos analisados na cidade de Itaquaquecetuba (São Paulo). Os autores identificaram tanques sépticos como a mais provável fonte de contaminação.

### **5.3 Condições sócio-ambientais dos usuários e das fontes alternativas de abastecimento**

Os resultados das visitas e da aplicação dos questionários aos usuários de fontes alternativas de água no Bairro Perpétuo Socorro obteve-se o número total de 109 pessoas distribuídas em 27 famílias, de diferentes faixas etárias e situações sócio-econômicas. A renda familiar variou entre, menor do que um salário mínimo em 7% das residências, entre 1,1 a 1,9 salários mínimos em 29% das famílias, entre 2,0 a 4,9 salários mínimos em 46%, maior do que 5 salários mínimos em 7% e cerca de 11% não souberam ou não quiseram relatar.

Com relação ao consumo de água, 55% das famílias consomem água fornecida pela Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN, 37% só consomem água provinda de poços tubulares, 7% consomem água de poço escavado e 1% das famílias utilizam água provinda de fontes nascentes. A figura 18 ilustra à esquerda a utilização de um poço escavado e à direita uma fonte nascente.



Figura 18 – Utilização de poço escavado e fonte nascente, respectivamente, Santa Maria (2008).

Na pergunta referente à existência de trabalhos anteriores voltados à instrução sobre problemas relacionados com o consumo da água, das 109 pessoas entrevistadas: 41% das pessoas relataram que sim, enquanto que 59% relataram não ter tido nenhuma orientação sobre os riscos à saúde que podem ser provindos pelo uso de fontes alternativas de água. Portanto, recomenda-se ação mais efetiva da Vigilância Sanitária Municipal, no Bairro estudado.

Sobre terem conhecimento prévio das doenças provindas pelo uso da água de fontes alternativas, 63% das pessoas relataram ter conhecimento e 37% referiram que não tinham conhecimento de que a água contaminada poderia trazer malefícios à saúde humana. Quando questionados se tinham algum conhecimento sobre a doença Hepatite A, 85% dos usuários de fontes alternativas relataram saber o que era Hepatite A, mas muitos não sabiam explicar a forma de transmissão e como evitá-la e aproximadamente 15% dos entrevistados nem sabiam do que se tratava tal vírus, indicando falta de campanhas de esclarecimento pelos órgãos de saúde pública municipais.

Quando perguntados sobre o hábito de ir ao médico, 59% declararam freqüentar o posto de saúde comunitário e 41% não tem o costume de ir a consultas médicas frequentemente. Apenas 15% declararam ter o costume de ferver a água e 85% relataram que não ferverem a água antes de ingeri-la.

Apenas 11% das famílias declararam conhecer a qualidade da água oriunda das fontes alternativas através de análises, isso revela um risco potencial para a ocorrência de doenças transmitidas pela água subterrânea. Não foi encontrado nenhum domicílio em que se realizasse um processo adequado de tratamento da água subterrânea como filtração e desinfecção. Para definição do tipo adequado de tratamento é necessário conhecer-se a qualidade da água a ser tratada, adequando os processos de tratamento, às suas características

e monitorando a eficiência dos procedimentos mediante o controle da concentração do produto químico a ser utilizado, da dosagem estabelecida e da frequência das análises bacteriológicas e físico-químicas das águas consumidas.

Com relação onde a água é armazenada e a periodicidade de limpeza do reservatório, do total das 27 famílias, cerca de 70% declararam possuir reservatórios de água nas residências. Destes reservatórios, 53 % são de cimento amianto e 47% são de fibra. Todos os entrevistados declararam que os reservatórios são fechados com tampa, e a periodicidade de limpeza era semestral. Em 33% das residências com fontes alternativas de água as famílias declararam possuir hortas e todas declararam usar água oriunda de seus poços para fazer a rega das culturas.

A presença de animais nas proximidades dos poços ou fontes é algo que deve ser observado por questões básicas de higiene, ainda uma vez que o nível da água alto (próximo da superfície), facilita a contaminação por excrementos de animais (coliformes), carregados pelo escoamento da água da chuva e infiltração no subsolo. Dos entrevistados, 70% disseram que possuíam animais e 30% disseram que não possuíam.

Após a pesquisa sócio-ambiental, foram distribuídas 109 cartilhas (Apêndice D) no ano de 2008, onde abordaram-se tópicos como a ocorrência da água subterrânea, demonstrando-se a importância da água subterrânea no ciclo hidrológico e na sequência são abordados aspectos sobre a distribuição da água no planeta e no Brasil.

Ainda demonstra-se a importância da conservação dos poços e a presença do selo sanitário que visa impedir a entrada de qualquer agente externo que possa contaminar o manancial subterrâneo. Também foram apresentadas na cartilha as principais formas de contaminação dos aquíferos, a importância sócio-econômica da água e sua importância para a saúde dos seres humanos.

Por fim são apresentadas as doenças de veiculação hídrica evidenciando a necessidade de cuidados para com a água, especialmente a destinada ao consumo humano.

## 5.4 Doenças de veiculação hídrica

### 5.4.1 Resultado das análises de sangue

Através das análises realizadas nas 37 amostras de sangue coletadas nos usuários de fontes alternativas de abastecimento, obteve-se 0% de positividade com relação à Hepatite A, demonstrando que nesta região não há o aparecimento desta doença, tal resultado pode estar relacionado ao fato da área amostrada se tratar de uma região com predominância de famílias de classe econômica média a baixa apresentando boas condições habitacionais, onde foram identificados poucos locais com precárias condições ambientais e sanitárias que poderiam favorecer sua ocorrência.

Em outros trabalhos, como o realizado na cidade de Braga – Portugal, encontraram um índice de 32% de ocorrência de Hepatite A em crianças com média de idade de 14 anos (Antunes, 2004). No Brasil, a soro prevalência geral de Hepatite A é de 64,7%. A soro prevalência mais elevada foi encontrada na região Norte, em Manaus com 92,8%, seguida da região Nordeste, em Fortaleza, com 76,5%, enquanto endemidades menores, na faixa de 55,7% foram encontradas nas regiões Sul, em Porto Alegre e Sudeste, no Rio de Janeiro 55%, (Clemens *et al*, 2000). Já em outro estudo feito por Medronho (1999), foi encontrada soropositividade de 28,2% na cidade do Rio de Janeiro.

### 5.4.2 Resultado das análises de fezes

Com relação à análise de fezes realizadas nas 31 amostras, nenhuma apresentou presença de cistos, ovos e larvas de parasitas demonstrando que a população está mantendo um bom nível de cuidados de higiene. As enteroparasitoses são de grande relevância à saúde pública no Brasil, devido ao saneamento básico deficiente e precário estado nutricional e sanitário da população (OMS, 2003).

As parasitoses intestinais humanas mais frequentes são causadas por *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, Ancilostomídeos e *Giardia lamblia*, causando dano de natureza funcional e carencial aos hospedeiros. As infecções por helmintos acometem

aproximadamente 3,5 milhões de pessoas do país, sendo a maioria crianças. No Brasil, a cada ano cerca de 65.000 óbitos acontecem devido à Ancilostomídeos e 60.000 associados a *A. lumbricoides* (OMS, 2000).

A população de risco é constituída por crianças entre dois e cinco anos de idade, por terem maior contato direto com solos contaminados em suas atividades de lazer e por terem menor noção de higiene, conseqüentemente maiores riscos de infecção (COSTA-CRUZ, 1994). A implantação de medidas que visam melhoria da renda familiar, escolaridade materna, moradia, saneamento e acesso ao serviço de saúde, mostram uma redução significativa das infecções parasitárias (FERREIRA *et al.*, 2000).

### **5.5 Vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea no Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro**

Com a utilização da Metodologia “GOD” (Foster *et al.*, 2003) e a construção do cartograma de vulnerabilidade natural à contaminação para os poços escavados e fontes/nascentes (Figura 19), observa-se que a vulnerabilidade variou de 0 a 0,6.

Com isso pôde-se caracterizar a área onde os poços escavados encontram-se como áreas de vulnerabilidade desprezível à alta.

Já as duas fontes/nascentes encontraram-se em áreas com vulnerabilidade desprezível.

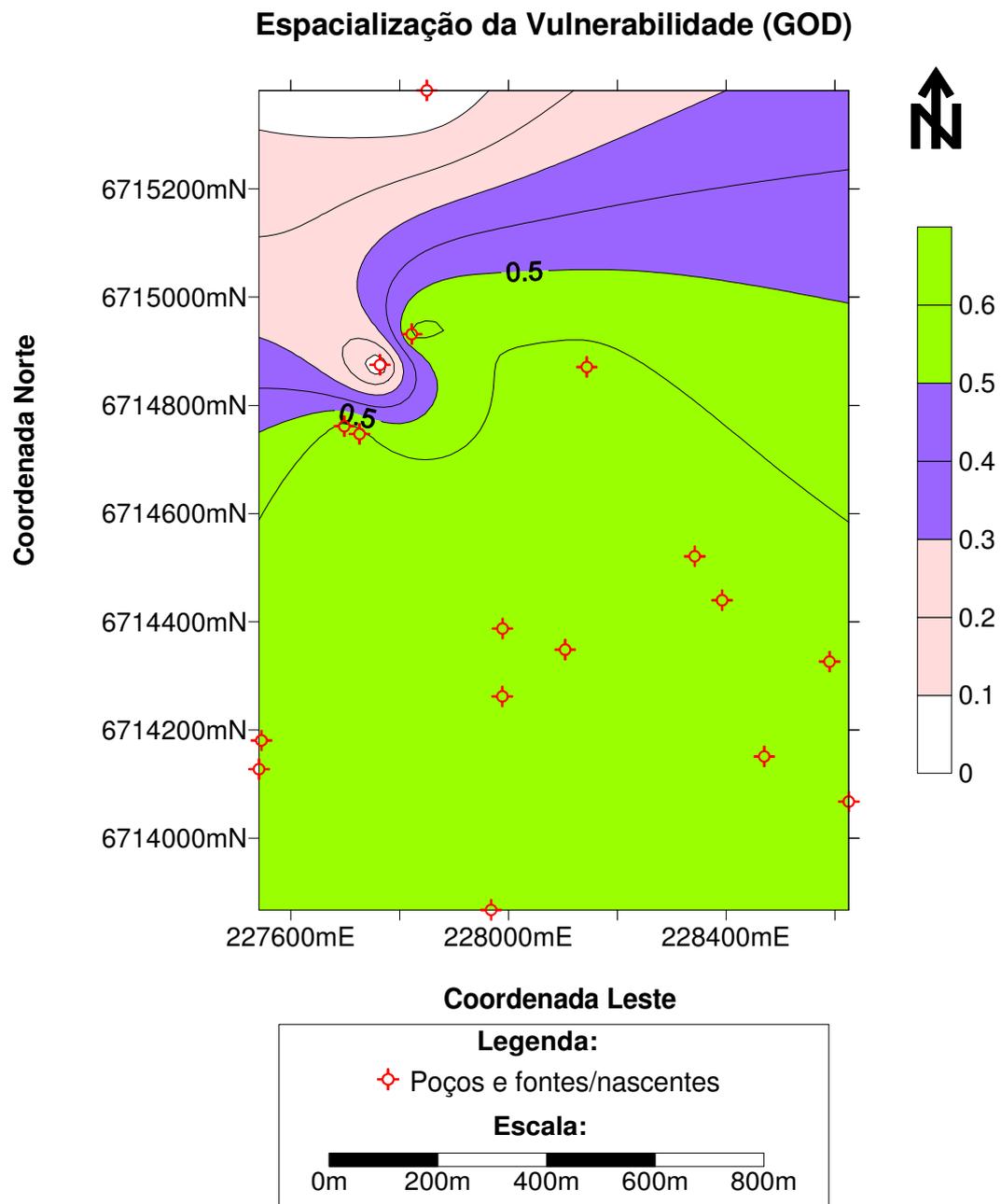


Figura 19 - Cartograma de vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea no Bairro Perpétuo Socorro, Santa Maria (2008).

## **6 CONCLUSÕES**

Do total de 54 poços cadastrados (19 escavados, 23 tubulares, 02 fontes/nascentes e 10 desativados), no Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, Santa Maria, RS, grande parte apresentam problemas relacionados aos parâmetros normatizados pela Portaria n.º 518/2004 do Ministério da Saúde: cor (13,63%), turbidez (18,18%), pH (77,27%), coliformes totais (43,18%), coliformes fecais (40,90%) e flúor (uma fonte/nascente). Também são constatadas diversas irregularidades na construção e operação dos poços, estando em desacordo com as normas da ABNT/NBR 12212 e 12244/2006.

Nos poços escavados tem-se vulnerabilidade natural à contaminação variando de média a alta, nas fontes/nascentes a vulnerabilidade é desprezível.

Do total de 6.700 moradores consultados, 109 pessoas, distribuídas em 27 famílias, as quais são abastecidas ou fazem algum tipo de uso da água proveniente dos poços ou fontes/nascentes, apresentam bons conhecimentos sobre problemas de saúde envolvendo a água. Embora não providenciem a realização de análises periódicas da água dos poços e/ou fontes/nascentes e nem possuam o costume de fervê-la, na maioria das residências têm-se boas condições de higiene. Isto está comprovado pelos resultados das 37 análises de sangue e 31 de fezes, nas quais nenhuma das pessoas amostradas apresentou problema relacionado a doenças de veiculação hídrica (Hepatite A e parasitas).

### **6.1 Recomendações**

Faz-se necessária a adoção de políticas públicas que garantam às populações humanas o acesso à água tratada e potável. Uma medida que atingiria a população de baixa renda seria o subsídio da tarifa de água fornecida pelo sistema público, dividindo com a comunidade os custos do serviço prestado.

Além disso, é necessária a implementação de ações interinstitucionais, como por exemplo entre Universidades, Vigilância Sanitária Municipal, comunidade, Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN, especialmente as de caráter educativo, com o objetivo de esclarecer a população sobre a importância do consumo e uso racional da água tratada e os riscos do consumo da água contaminada.

Adicionalmente, devem-se investigar, em outros bairros da cidade, a prevalência do consumo de água proveniente de fontes alternativas de abastecimento e o risco sanitário a que estão expostos esses consumidores.

Nos casos onde é inevitável o consumo de água proveniente de fontes alternativas, fazem-se necessárias coletas e análises com periodicidade constante a fim de garantir a sua qualidade e o bem estar dos usuários. Devendo esta ação ser implementada pela Vigilância Sanitária Municipal, 4ª Coordenadoria Regional de Saúde, agentes comunitários de saúde.

Sugere-se ainda a criação de uma legislação municipal que regule a abertura e o licenciamento de poços no município de Santa Maria de acordo com a Lei n.º 11.520/2000, Art. 8 e a manutenção do cadastro de poços pela Prefeitura Municipal.

## REFERÊNCIAS

ABINAM/Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. **Água Mineral do Brasil - Retrato Histórico da Indústria Engarrafadora**, Rio de Janeiro, p. 109, 2005.

ABRAMOVICH, B. *et al.* Cryptosporidium y agua: estudio de una asociación riesgosa. **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, 36: 30-34,1998.

AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Brasília: SENADO FEDERAL, 1996. 585p.

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**, 32: 160-165, 1998.

ALEXANDER, M. **Most probable number method for microbial populations**. A.L. Page (ED.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties*. American Society of Agronomy. Madson, Wi, USA. 1982. 820p.

ALLER, L. *et al.* **DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings**. US. 1987.

ANTUNES, H.; MACEDO M.; ESTRADA, A. Prevalência do vírus da hepatite A: Primeiros resultados de endemicidade em Portugal. **Acta Médica Portugal** ; v.17: p. 219-224, 2004.

ARAÚJO, L. M.; FRANÇA, A. B.; POTTER, P. E. Hydrogeology of the Mercosul aquifer system in the Paraná do Chaco-Paraná Basins, South America, and comparison with the Navajo-Nugget aquifer system, USA. **Hydrogeology Journal**, 7, 1999. p.317-336.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/ABNT. **Construção de poço para captação de água subterrânea**: NBR 12244. Rio de Janeiro, 1992. 6p. Atualizada em 2006. 10p.

\_\_\_\_\_. **Estudo de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água**: NBR 12211. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **Projeto de poço para captação de água subterrânea**: NBR 12212. Rio de Janeiro, abr.1992. 5p, atualizada em 2006. 10p.

AVILA, H.G. *et al.* Calidad del agua potable e incidencia de gastroenteritis en dos ciudades del Estado de Sonora, México. **Salud Pública de México**, 31(3): 99-304, 1989.

BARTH, F.T. Legislação sobre Águas Subterrâneas. In: Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, X, Campo Grande/MS, 1997. **Anais**. p.145-152.

BASTOS, R.K.X. *et al.* Abordagem sanitário-epidemiológica do tratamento e da qualidade parasitológica da água: entre o desejável e o possível. In: **Anais** 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. (CD-Rom). João Pessoa, 2001.

BATALHA, L. B. **Glossário de engenharia ambiental**. República Federativa do Brasil. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral. Instituto Nacional do Livro, 1996. 119p.

BATALHA B. L.; PARLATORE, A.C. **Controle da qualidade da água para o consumo humano, Bases conceituais e operacionais**. São Paulo, CETESB, 1977. 198p.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; POZZA, S. A. **Qualidade de Águas: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental**, Rio Grande: Ed. FURG/RS, 2001. 166p.

BOUCHARD, D.C; WILLIAM, S.M.K. Nitrate contamination of groundwater: sources and potential health effects. **Journal of the American Water Works Association** (9):85-90, 1992.

BOWER, H. **Ground water hidrology**. New York: McGraw-Hill Book Company,1978. 480p.

BRANCO, S. M. **Poluição: a morte de nossos rios**. 23. ed. São Paulo: ASCETESB, 1983. 166p.

BRASIL. **CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 396 de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, 2008.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**.. Rio de Janeiro, 1946.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. São Paulo, Editora Fisco e Contribuinte, 1988. 135p.

BRASIL. **Decreto Lei n.º 24.643, de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código das Águas em

território brasileiro. Brasília, 1934.

BRASIL. **Decreto Lei n.º 7841/1945**. Código das Águas Minerais, 1945.

BRASIL. **Decreto Lei n.º 227/1967**. Código de Mineração, 1967.

BRASIL. **Decreto Lei n.º 5440/2005, de 04 de maio de 2005**. Controle da qualidade da água, 2005.

BRASIL. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Perfil Analítico de Águas Minerais, Boletim n.49 – v. 2. 1978. 160 p.

BRASIL. **Lei n.º 6.662, de 25 de junho de 1979**. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação e dá outras providências. 1979.

BRASIL. **Lei n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. 1997.

BRASIL. **Lei n.º 9.984, de 17 de julho de 2000**. Criação da Agência Nacional de Águas - ANA. 2000.

BRASIL. **Portaria n.º 231, de 31 de julho de 1998**. Zonas de Proteção de Mananciais Subterrâneos. 1998.

BRUM, H. B. de Estudos dos impactos ambientais na qualidade das águas subterrâneas. Trabalho de conclusão do Curso de Especialização Regional de Recursos Hídricos-Centro de Tecnologia/UFSM, Santa Maria, 2004.

CABRAL, J. *et al.* **Recursos Hídricos Subterrâneos**. In: Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. D. Org.) Hidrologia aplicada à gestão de pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001. p. 237-277.

CARRARO, C.C. *et al.* **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul** (Escala 1: 1000000). Porto Alegre: Instituto de Geociências UFRGS, 1974.

CARVALHO, A.R. **Processos de complexação do ferro em águas subterrâneas – uma proposta de mudança da portaria 36 do Ministério da Saúde**. Guarulhos: UnG, 2000. 136p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade de Guarulhos, 2000.

CASSÂNEGO M. L. **Variação do nível do lençol freático em posto de combustíveis no Município de Santa Maria – RS.** Monografia de graduação em Curso de Engenharia Ambiental. Centro Universitário Franciscano. Santa Maria. 2007. 20p.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. **Selection of water quality variables.** In: Chapman, D. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. 28 ed., Cambridge: UNESCO/WHO/UNEP. 1998. p. 59-126.

CLEMENS S.A.C *et al.* Soroprevalência para hepatite A e hepatite B em quatro centros do Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 33:1-10, 2000.

COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS/CPRM. Mapa Hidrogeológico da Folha de Santa Maria. Escala 1:100.000. 1995.

COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS/CPRM. Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:750.000. 2005.

COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS/CPRM. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: 02 mar 2007.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução** n.º 9 de 21 junho de 2000. Delega competência a Câmara Técnica e dá outras providências. Brasília, 1998.1p.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução** n.º 15 de 11 janeiro de 2001. Delega competência a SINGRH e dá outras providências. Brasília, 1997. 03p.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução** n.º 16 de 08 maio de 2001. Estabelece as diretrizes para implementação da outorga de direito de uso dos recursos hídricos. Brasília, 1998.1p.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução** n.º 22 de 24 de maio de 2002. Delega competência a SINGRH e dá outras providências. Brasília, 1995.

COSTA, W. D. **Legislação de Águas Subterrâneas e Gerenciamento de Aquíferos,** Anais XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, IV Simpósio de Hidrologia do Nordeste, Recife, 2001, p. 77-82.

COSTA-CRUZ, J.M.; NUNES, R.S.; BUSO, A.G. Presença de ovos de *Toxocara* spp. Em praças públicas da cidade de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**. v.36, n.1, p. 39-42, 1994.

CRUZ, J.C. **Disponibilidade hídrica para Outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. Tese de Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. 192 p.

CUSTÓDIO, E. Gestión y protección del agua subterránea. Curso de actualización Profesional. **In: 2º Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea**. Santiago do Chile. 1994.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrología subterránea**. 28. ed. Barcelona: Omega, 1983. 2 v.

De CHAVES, A. **Comportamento do fluxo das águas subterrâneas na área de um empreendimento potencialmente poluidor no Município de Santa Maria**. Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 11 a 14 de novembro em Natal, Rio Grande do Norte. 2008.

DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, **Portaria nº 10/99, de 27 de agosto de 1999**. Padrões de Flúor para o consumo humano.

DINIZ, H. N.; MICHALUATE, W. J. **Interpretação de testes de vazão em poços tubulares profundos, dimensionamento e especificações de bombas submersas**. São Paulo, 2001.

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

DUTRA, D. A. **Uso dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Arroio Ferreira, Santa Maria, RS**. Trabalho de Graduação. Curso de Geografia, CCNE/UFSM, Santa Maria, 2001.

FACHIN, E.F. **Distribuição Espacial dos Poços Tubulares Profundos e Informações Físico-Químicas das Águas Subterrâneas no Município de Santa Maria/RS**. 72 p. Monografia (Trabalho de Graduação A) – Universidade Federal de Santa Maria, 2003.

FEITOSA, A C.F.; MANOEL FILHO, J., **Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações**; CPRM -Serviço Geológico do Brasil, Fortaleza: Editora Gráfica LCR, 1997. 389p.

FENZL, N. **Introdução à hidrogeoquímica**. Belém: UFP, 1986. 189p.

FERREIRA, M.U.; FERREIRA, C.S.; MONTEIRO, C.A. Tendência secular das parasitoses intestinais na infância na cidade de São Paulo. **Revista de Saúde Pública**. v.34, n.6, p.73-82, 2000.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. **Contaminación de las águas subterráneas. Organización Mundial de la Salud. Organización Panamericana de la Salud**, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente. Lima, Peru, 1987.

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

FOSTER, S. S. D. et al. **Protección de la calidad del água subterránea**. Guia para empresas de água, autoridades municipales y agencias ambientales. Edición en español. 2003. 115p.

FRANCA, R.M. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v.11, n.1, p.92-102, jan./mar. 2006.

FREIRE, C. C. **Modelo de gestão para a água subterrânea**. Tese de Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.129 p.

GAMBA, R. C. *et al.* Detecção de oocistos de *Cryptosporidium spp.* na água subterrânea para consumo humano na cidade de Itaquaquecetuba, S. Paulo – Brasil. **Jornal Brasileiro de Microbiologia**, 31: 151-153. 2000.

GARCIA, G. P. **Avaliação de pontos potenciais de contaminação de águas subterráneas em Santa Maria, RS**. Trabalho de graduação apresentado ao Curso de Geografia da UFSM, Santa Maria, 2004.

GASPARETTO, N. V. L. *et al.* **Mapa Geológico da Folha de Santa Maria e Nota explicativa**. FINEP - UFSM, 1990. Escala 1:50.000

GASTALDINI, M. do C. C.; MENDONÇA, A. S. F.. **Conceitos para a avaliação da qualidade da água**. In: Paiva, J. B. D. e Paiva, E. M. C. D. (Org.) Hidrologia aplicada à gestão de pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001. p. 429-451.

GIARDIN, A. e FACCINI, U. Complexidade hidroestratigráfica e estrutural do Sistema Aquífero Guarani: abordagem metodológica aplicada ao exemplo da área de Santa Maria-RS, Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**. n.º 18 ABAS. 01/2004 p.39-53.

GREGORASCHUK, J. L. S. **Estudio del uso actual y potencial dei acuífero guarani**. Disponível em: <<http://www.sg-guarani.org>> Acesso em 24 jan 2007.

GUERRA, A.T. **Dicionário Geológico e Geomorfológico**, Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 446p.

GUIMARÃES, L. G. **Levantamento de alguns poços tubulares no perímetro urbano na cidade de Santa Maria**. Trabalho de graduação em Geografia. CCNE/Santa Maria, UFSM, 2008, pg.85.

HAGER, F. P. V. **Gestão integrada de Recursos Hídricos Subterrâneos e Superficiais - Exemplo das Sub-Bacias da Billings e Tamandateí, Bacia do Alto Tietê, São Paulo**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. 170p.

HAMMER, M. J. **Sistemas de Abastecimento de Água e Esgoto**. Rio de Janeiro; Livros Técnicos e Científicos, 1979. 563 p.

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

HASSUDA, S. **Critérios para a gestão de áreas suspeitas ou contaminadas por resíduos sólidos – estudo de caso na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese de Doutorado, Inst. Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997. 142 p.

HEATH, R, C. **Hidrologia básica de águas subterrâneas**, Denver: 1983. 86 p. USGS Paper n.º. 20. Tradução para o português. Wrege, M.; Potter, P. (Trad.) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS.

HEM, J. D. **Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water**. U.S., 1970.

HEM, J. D. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water**. 3.ed. U.S., 1985.

HIRATA, R. **Principales métodos para la determinación de la vulnerabilidad y riesgo de contaminación de acuíferos**. Disponível em: <<http://www.medioambienteonline.com/figures/hirata1cuadro2.htm>> . Acesso em: 07 jun 2006.

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

HOFFMAN, W. A; PONS, J. A.; JANER, J. L. The sedimentation concentration method in Schistosomiasis mansoni. **Journal of Public Health**. 9:281-289. 1934.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, **Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, **Contagem da População**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento: 1989, Vol. 1. n/p.

INSTITUTO GEOLÓGICO MINEIRO – IGM. **Água Subterrânea: Conhecer para preservar o futuro**. Instituto Geológico Mineiro (IGM), 2001. Versão online. Disponível em: <<http://www.igm.pt>>. Acesso em: 15 mar 2006.

LANNA, A. E. L. Gestão de Recursos hídricos. In.: Tucci, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicações**. Porto Alegre: Editora da Universidade. ABRH, 1997. p. 727-768. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 4).

LEAL, M. S. **Gestão ambiental de recursos hídricos por bacias hidrográficas: sugestões para o modelo brasileiro**. Dissertação (Mestre em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997. 272p.

LEWIS, W.J.; FOSTER, S.S.D.; DRASAR, B.S. **O risco de poluição do lençol freático por sistemas de disposição local de esgotos; uma visão geral da literatura técnica**. In: De Andre G. T. Pires (Trad.) *The Risk of Groundwater pollution by on-site sanitation in developing countries*. Brasília: MDU, 1986. 91p.

LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas de água**. Recife: U.S. Agency for International Development, 1965. 67p.

LUTZ, A. O. *Schistosoma mansoni* e a schistosomose segundo observações feitas no Brasil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. 11:121-155, 1919.

MACÊDO, J.A.B. **Métodos laboratoriais de análises: físico-químicas e microbiológicas**. 2. ed. Belo Horizonte: CRQ, 2003.

MACHADO, J. L. F. **Compartimentação Espacial e arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul**. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Tese de Doutorado UNISINOS, São Leopoldo, 2005 237p.

MACIEL FILHO, C. L. **Carta Geotécnica de Santa Maria**. Imprensa Universitária – UFSM. Santa Maria, 1990. Escala 1:25.000

\_\_\_\_\_. **Introdução à Geologia de Engenharia**, Editora da UFSM; Brasília: CPRM, 1994. 284p.

MANOEL FILHO, J. **Ocorrência das águas subterrâneas**. In. Hidrogeologia: conceitos e aplicações, Feitosa, F. A. C. e Manoel Filho, J. (Coord.) Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

MEDRONHO, R.A. **Avaliação do método geoestatístico no estudo da distribuição espacial da hepatite A** [Tese de Doutorado]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz; 1999.

MENTE, A. As **condições hidrogeológicas do Brasil**. In. Hidrogeologia: conceitos e aplicações, Feitosa, F. A. C. e Manoel Filho, J. (Coord.) Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004**. Atualiza as disposições da Portaria n.º 1469, de 29 de dezembro de 2000. Brasília, 2004.

OLIVEIRA, C. P.; SPITALIERE, R. **Como utilizar corretamente seu poço artesiano**. Manual do Proprietário. Canoas: Hidrogeo, 1996. 20p.

OLIVEIRA, K. W. de; MORAIS, P. B. de; SERZEDELO, J. L. Qualidade e conservação da água, o paradigma de um futuro imediato. In: **Anais Congresso interamericano de engenharia**

sanitária e ambiental. Porto Alegre: ABES, 2000. 9p. (CD-Rom).

OMS. Organização Mundial de Saúde. Disponível em: <http://www.opas.org.br/prevenção/2000/2003>.

OSÓRIO, Q. da S. **Vulnerabilidade Natural de Aquíferos e Potencial de Poluição das Águas Subterrâneas**. 2004. 139f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

PACHECO, A.; REBOUÇAS, A.C. Aspecto de uso e preservação das Águas Subterrâneas da Grande São Paulo. In **Anais do n° Congresso Brasileiro. Águas Subterrâneas**, Salvador, 1982. p. 389-401.

PACKHAM, R.F. Public health and regulatory aspects of inorganic nitrogen compounds in drinking water. **Water Supply** 10(3): 1-6. 1992.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. C. D. **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. 2001. 625 p.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; De LUCA, S. J. **Caracterização da qualidade da água**. In: Porto, R. L. L. (org) **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora da USP. ABRH, p. 27-66 (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 3).1991.

REBOUÇAS, A. da C.; AMORE, L. Sistema Aquífero Guarani. **Revista Águas Subterrâneas**. N° 16, maio de 2002. Curitiba: ABAS.

REBOUÇAS, A.C. Águas Subterrâneas. In: **Águas Doces no Brasil - Capital Ecológico, Uso e Conservação**, IEA/USP - ABC. São Paulo, 1999. p.117-157. 717 p.

REETZ, E. F. **Avaliação Quali-Quantitativa dos Recursos Hídricos Superficiais na Bacia Hidrográfica do Campus da Universidade Federal de Santa Maria**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia, Santa Maria, 2002. 121 p.

REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, **ABAS**, N.16 - *Mai*o /2002.

RIBEIRA, F. Calidad, contaminación y protección de acuíferos In: **III CURSO HISPANOAMERICANO DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA**. 4 de outubro a 3 de dezembro de 2004, Montevideo – UY, 2004.

RIO GRANDE DO SUL. Constituição (1989). **Constituição do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CORAG, 1989. 133p

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto n.º 23.430 de 24 de outubro de 1974**. Decreta o Código Sanitário do Estado do Rio Grande do Sul, dispõe sobre a promoção, proteção e recuperação da saúde pública. Porto Alegre, 1974.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto n.º 37.033, de 21 de novembro de 1996**. Regulamenta a outorga do direito de uso da água no Estado do Rio Grande do Sul, 1996.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto n.º 42.047, de 26 de dezembro de 2002**. Regulamenta disposições da Lei n.º 10.350, de 30 de dezembro de 1994, 2002.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei n.º 10.350 de 30 de dezembro de 1994**, Política Estadual dos Recursos Hídricos, 1994. 30 p.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei n.º 11.520 de 03 de agosto de 2000**, Código Estadual do Meio Ambiente, 2000. 107 p.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei n.º 11.685 de 08 de novembro de 2001**, Introduz alteração no artigo 7º da Lei n.º 10.350, de 30 de dezembro de 1994, que instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado, e alterações, 2001.

SANTOS, A. C. **Noções de Hidroquímica**. In: FEITOSA, A.C.F. e MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações; CPRM – Serviço Geológico do Brasil. LCR: Fortaleza, 1997.

SAWYER, C, N.; McCARTY, P. L. **Chemistry for sanitary engineers**. Tokyo: Kogakuska, 1967. 518p.

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - SEMA. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em: 25 out. 2006.

\_\_\_\_\_. **Manual de perfuração dos poços tubulares – PSAG**. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/srh/modules/wfdwnloads/visit.php?cid=1&lid=99>>. Acesso em: 16 Dez. 2007.

SILVERIO DA SILVA, J. L. *et al.* **Estudo hidroquímico das Águas Subterrâneas da Região de Santa Maria, no RS**. In: XXVII CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, 10p.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; MAZIERO, L; SANTOS, E. F. **Impactos da Atividade Humana Sobre o Solo - Aquíferos**. In: ANTONIO CARLOS DE AZEVEDO; RICARDO SIMÃO DINIZ DALMOLIN; FABRICIO DE ARAÚJO PEDRON. (Org.). SOLOS & AMBIENTE I FÓRUM. 10 ed. Santa Maria: Gráfica e Editora Pallotti, 2004, v. 1, p. 145-167.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L *et al*, **Ocorrências Anômalas de Flúor em Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul**. Geografia. Pesquisa & Ensino Edição Especial, 2008.

SOUZA, B. S. P. **Qualidade da Água de Santa Maria/RS: uma análise ambiental das sub-bacias hidrográficas dos rios Ibicuí Mirim e Vacacaí Mirim**. 2001. 234 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. 230p.

TOMANIK, C. P. Águas Doces no Direito Brasileiro, 1999. p. 601-635, In REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDSISI, J. G. **Águas Doces no Brasil, Capital Ecológico, Uso e Conservação**, 717 p. IEA/USO,ABC. São Paulo, 1999.

TODD, D. K. **Groundwater Hydrology**. 2. ed. John Wiley & Sons: New York, 1980. 419p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia - Ciência e Aplicação**. PortoAlegre: Editora da Universidade: UFRGS: ABRH, 1993. 943 p.

UFSM. **Estrutura e Apresentação de Monografias, Dissertações e Teses**, 6 ed. Santa Maria, 2006. 67 p.

US - EPA - **Environmental Protection Agency** <<http://www.epa.gov>> Acesso em: 18 abr 2006.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 23. ed., Belo Horizonte; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

WREGGE, M. **Termos hidrogeológicos**. Disponível em: <<http://www.abas.org.br>>. Acesso em: 30 abr. 2006.

ZIMBRES, E. **Água Subterrânea**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm>> Acesso em: 9 jun 2006.

## APÊNDICES

---

## APÊNDICE A – Planilha de Cadastramento dos Poços

## PLANILHA DE CADASTRAMENTO DOS POÇOS

Ponto n.º: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Rua: \_\_\_\_\_

Número: \_\_\_\_\_ Complemento: \_\_\_\_\_ Bairro: \_\_\_\_\_

Proprietário: \_\_\_\_\_

Coordenada N: \_\_\_\_\_

Coordenada E: \_\_\_\_\_

Altitude: \_\_\_\_\_

**Tipo de poço:**

- Escavado  
 Tubular  
 Fonte/Nascente  
 \_\_\_\_\_

**Situação:**

- Funcionando  
 Desativado  
 Uso eventual  
 \_\_\_\_\_

**Presença de selo sanitário:**  Sim  Não, observações: \_\_\_\_\_**Profundidade do poço (m):** \_\_\_\_\_**Largura do poço (m):** \_\_\_\_\_ **Presença de tampa:**  Sim  Não**Altura do bocal do poço(m):** \_\_\_\_\_**Distância do poço da bomba (m):** \_\_\_\_\_**Empresa responsável pela construção do poço:** \_\_\_\_\_**Ano de perfuração:** \_\_\_\_\_**Uso da água:**

- Consumo humano (p/ beber);  
 Dessedentação animal;  
 Uso doméstico (exceto beber);  
 Não usa  
 Todos os usos  
 \_\_\_\_\_

**Fotos n.º:** \_\_\_|\_\_\_|

\_\_\_|\_\_\_|\_\_\_|\_\_\_|

\_\_\_|\_\_\_|\_\_\_|\_\_\_|

**Determinações Físico – Químicas no local**

pH:

Condutividade elétrica:

Temperatura ambiente(°C):

Temperatura do ar (°C):

Oxigênio Dissolvido (mg/L):

**Observações complementares:**

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## APÊNDICE B – Questionário Sócio-Ambiental

<b>QUESTIONÁRIO SÓCIO-AMBIENTAL</b>
-------------------------------------

Casa número: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Nome do (a) morador (a): \_\_\_\_\_

Sexo: ( ) M ( ) F Idade: \_\_\_\_\_

**1. Qual o seu estado civil?**

( ) Solteiro(a). ( ) Casado(a). ( ) Separado(a)/desquitado(a)/divorciado(a). ( ) Viúvo(a). ( ) Outro.

**2. Escolaridade:**

- ( ) Analfabeto  
 ( ) Fundamental incompleto  
 ( ) Fundamental completo  
 ( ) Médio incompleto  
 ( ) Médio completo  
 ( ) Superior

**3.**

Peso: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_

IMC: \_\_\_\_\_

Pressão Sanguínea: \_\_\_\_\_

**4. Profissão**( ) Do lar, ( ) Aposentados, ( ) Doméstica, ( ) Lavradores e agricultores,  
 ( ) Outros. \_\_\_\_\_**5. Renda familiar**

- ( ) < 1,0 salário mínimo  
 ( ) 1,1 a 1,9 salários mínimos  
 ( ) 2,0 a 4,9 salários mínimos  
 ( ) > 5 salários mínimos  
 ( ) Não souberam relatar

**6. Utiliza para fazer os alimentos:**( ) Gás, ( ) Gás e lenha, ( ) Lenha, ( ) Carvão,  
 ( ) Outros \_\_\_\_\_**7. Qual o número de membros de sua família?(inclua apenas as que moram em sua casa)**

( ) 2 pessoas ( ) 3 pessoas ( ) 4 a 6 pessoas ( ) 7 ou mais pessoas

**8. Possui animais em casa: ( ) Sim ( ) não Quais e quantos: \_\_\_\_\_****9. Casa feita de ( ) Alvenaria ( ) Madeira ( ) Mista ( ) outro \_\_\_\_\_**

( ) Tijolo, ( ) Pau a pique, ( ) Madeira, ( ) Tijolo e adobe, ( ) Adobe

**10. Reboco na parede:**

- Inexistente  
 Existente mas precário  
 Existente e bem conservado

**11. Casa coberta com:**

- Laje,  Telha cerâmica,  Telha amianto,  Madeira,  Cobertura vegetal  
 Sapé

**12. Material do Piso**

- Cerâmica,  Cimento,  Terra batida,  Madeira  Tijolo,  Madeira e cimento

**13. Iluminação**

- Elétrica,  Querosene,  Gás.

**14. Casa com boas condições de higiene:**  Ótimas  Boas  Regulares  Ruins

Condições de higiene da casa: \_\_\_\_\_

**15. Tem o costume de ir ao PSF do bairro?**  Sim  Não**16. Já esteve com alguma doença provinda da água:**  Sim  Não Qual: \_\_\_\_\_**17. Toma medicamento para verminoses (se automédica):** \_\_\_\_\_**18. Toma algum chá para verminose:** \_\_\_\_\_**19. Toma medicação com receita médica:** \_\_\_\_\_**20. Esta com a vacinação em dia:**  Sim  Não**21. Faz prevenção ao mosquito da dengue:**  Sim  Não

Como: \_\_\_\_\_

**22. Água da casa é provinda de onde?**

- Rede Pública,  Fonte/Nascente,  Poço comum,  Água corrente  
 Açude/tanque  
 Outros \_\_\_\_\_

**23. Tem horta em casa:**  Sim  não

Rega a horta com água provinda da \_\_\_\_\_

Lava os alimentos antes de comer?  Sim  Não

Usa algum produto (como sal, vinagre):  Sim  Não

Consumo de água filtrada:  Sim  Não

**24. Lixo e esgoto:****Destino dos dejetos e do lixo doméstico:**

- Coleta pública  
 Queimado  
 Enterrado  
 Jogado em matas próximas  
 Utilizado como adubo  
 Outros \_\_\_\_\_

**Destino do esgoto:**

- Rede pública coletora
- Rio/riacho/córrego
- Terreno a céu aberto
- Lagoas
- Fossas cobertas

**25. Ferve a água antes de tomar:**  Sim  não

**26. Tem conhecimento das doenças que podem vir pela água:**  Sim  Não  
**Tem conhecimento de como evitar:**  Sim  Não

**27. Sabe o que é Hepatite:**  Sim  Não

**28. Já teve algum tipo de instrução sobre os problemas relacionados à água:**

Sim  Não

Qual e onde: \_\_\_\_\_

**28. Higiene pessoal:**

Tem habito de higiene antes das refeições:  Sim  Não Quais: \_\_\_\_\_

**29. Tem reservatório de água:**  Sim  Não

- Cimento com tampa
- Cimento sem tampa
- Latão
- Pote/barro
- Não possui

**30. É tampado:** Limpa-o com frequência:  Sim  Não

Qual frequência? \_\_\_\_\_

**31. Tipo de instalação sanitária**

- Vaso sanitário ligado à rede pública de esgoto
- Instalação sanitária desembocando em água corrente
- Vaso sanitário ligado à fossa séptica
- Fossa negra liga ao lençol d'água
- Instalação sanitária desembocando a céu aberto
- Fossa seca/privada higiênica
- Inexistente

**APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido****Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE****Título da pesquisa: Qualidade da Água Subterrânea do Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro de Santa Maria – RS****I. OBJETIVO**

Analisar a qualidade da água subterrânea consumida pela população do Bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro no Município de Santa Maria – RS, realizar análises clínicas junto à população, identificando as possíveis doenças relacionadas com a água na área em estudo.

**JUSTIFICATIVA**

Tendo em vista os resultados obtidos na primeira etapa do projeto, por meio das análises físico-químicas e biológicas realizadas em 44 fontes alternativas de abastecimento no bairro em estudo, que mostraram que a grande parte apresenta alterações na qualidade da água, portanto faz-se necessária a realização da segunda etapa da pesquisa, que é investigar a ocorrência de doenças relacionadas com a água junto às famílias na área piloto a fim de identificar as reais contaminações e mostrar soluções visando assegurar a saúde e o bem estar da população usuária das fontes alternativas de abastecimento de água.

**II. Os procedimentos a serem utilizados:**

Coleta de amostras de sangue que será realizada por um aluno do Curso de Farmácia plenamente habilitado para o procedimento, o qual será feito utilizando-se agulhas e seringas descartáveis apropriadas e esterelizadas, bem como serão coletadas fezes para a realização das análises clínicas, as quais serão também procedidas pelo aluno do Curso de Farmácia.

**III. Os desconfortos ou riscos esperados:**

A coleta de amostras de sangue pode propiciar dor e formação de hematomas no local.

**IV. Os benefícios que se pode obter:**

Identificação de doenças causadas pela ingestão de água contaminada, o que poderá proporcionar o tratamento adequado, minimizando os riscos a saúde da comunidade.

**V. Os procedimentos alternativos que possam ser vantajosos:**

As amostras após analisadas, servirão de diagnóstico para a ocorrência de doenças de veiculação hídrica. Em caso de verificação da patologia, o sujeito será avisado pelos pesquisadores, o qual será advertido a procurar atendimento em posto médico. Serão fornecidas cartilhas gratuitamente à população, que mostrarão os cuidados que se deve ter para evitar a contaminação da água subterrânea.

#### **VI. Garantia de resposta a qualquer pergunta:**

Os pesquisadores responsáveis pelo projeto asseguram que os colaboradores da pesquisa tem direito a qualquer esclarecimento que se faça necessário ao longo da realização deste.

#### **VII. Liberdade de abandonar a pesquisa sem prejuízo para si:**

Todo e qualquer participante tem o direito de abandonar a pesquisa sem que isto lhe ofereça qualquer prejuízo.

#### **VIII. Garantia de privacidade:**

Declaro que os pesquisadores se comprometem a manter a privacidade dos participantes, que não terão seus nomes envolvidos em qualquer fase do projeto.

Eu,.....fui informado dos objetivos da Pesquisa acima de maneira clara e detalhada. Recebi informações a respeito do procedimento de coleta de amostras de sangue e fezes e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão eu o desejar e terei liberdade de retirar meu consentimento de participação na pesquisa, face estas afirmações.

#### **IX. Compromisso com informação atualizada do estudo**

Para a realização da pesquisa, o sujeito não terá nenhuma despesa bem como não receberá qualquer tipo de auxílio financeiro, pois a participação na pesquisa é totalmente voluntária.

Caso tiver novas perguntas sobre este estudo, posso chamar a Prof<sup>a</sup> Delmira Beatriz Wolff ou o Prof. Pedro Kemerich no telefone 30266971.

Declaro que recebi cópia do presente Termo de Consentimento.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Sujeito

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador Responsável

\_\_\_\_\_  
Nome do Sujeito

Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador

Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## APÊNDICE D – Cartilha

**OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

A água subterrânea corresponde à parcela mais lenta do ciclo hidrológico e constitui nossa principal reserva de água, ocorrendo em volumes muito superiores aos disponíveis na superfície;

As águas subterrâneas ocorrem preenchendo espaços formados entre os grânulos minerais e nas fissuras das rochas, que se denominam aquíferos;

As águas subterrâneas representam a parcela da chuva que se infiltra no subsolo e migram continuamente em direção às nascentes, leitos de rios, lagos e oceanos;

Os aquíferos, ao reterem as águas das chuvas, desempenham papel fundamental no controle das cheias;

Nos aquíferos, as águas encontram proteção natural contra agentes poluidores ou perdas por evaporação;

A contaminação, quando ocorre, é muito mais lenta e os custos para recuperação podem ser inviáveis.



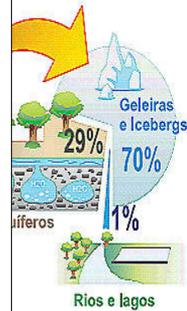
A ilusão de que existe muita água no planeta esconde uma realidade que assusta:

De toda a água disponível no planeta, 97% é salgada e encontra-se nos oceanos, e o restante 2,97% está congelada, formando as calotas polares. Apenas 0,03% é potável e pode ser consumida pelos seres humanos.

Todos os seres vivos dependem desse recurso natural para sobreviver.

Billhões de pessoas precisam da água, elemento indispensável para quase tudo que fazemos, sendo imprescindível à vida de todos os seres, ao equilíbrio do ambiente, à saúde e às atividades humanas.

#### Água no planeta



#### IMPORTÂNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

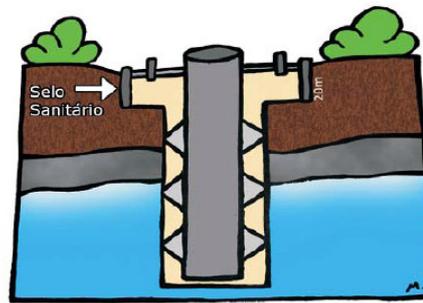
No Brasil, em geral, as águas subterrâneas abastecem rios e lagos. Por isso, mesmo na época seca, a maioria dos nossos rios é perene;

Os aquíferos têm importância estratégica e suas funções são ainda pouco exploradas, tais como: produção, armazenamento, transporte, regularização, filtragem e auto-depuração, além da função energética, quando as águas saem naturalmente quentes do subsolo;

Os usos múltiplos das águas subterrâneas são crescentes: abastecimento, irrigação, calefação, balneoterapia, engarrafamento de águas minerais e potáveis de mesa e outros;



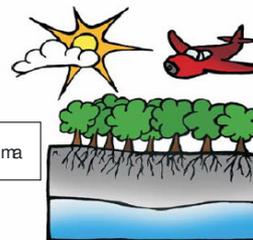
As águas subterrâneas têm grande alcance social, pois os poços, quando bem construídos e protegidos, garantem a saúde da população.



O Selo Sanitário mostrado na figura acima é uma espécie de lacre do poço, para que nada de "fora" contamine a água subterrânea.



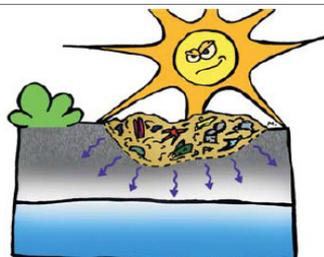
Os agricultores usam fertilizantes e agrotóxicos para que a plantação cresça bonita e forte, mas quando usam estas substâncias em excesso, uma parte poderá ser levada até o nível da água subterrânea.



Outra forma de contaminação da água subterrânea é a intrusão marinha, que é a penetração da água salgada na zona de água doce do aquífero.



Os depósitos de lixo também podem ser fontes de poluição dos aquíferos devido à infiltração do chorume. (Líquido que o lixo solta quando está em decomposição).



Nós também podemos provocar contaminação do aquífero, se jogamos lixo em poços abandonados.

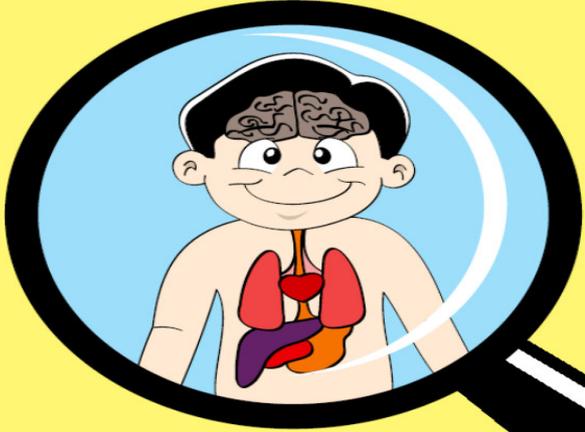
É uma prática muito ruim usar poços, rasos ou profundos, abandonados para jogar lixo de qualquer espécie. Quando não queremos mais um poço, temos que enchê-lo com areia ou cimentá-lo na parte superior, para evitar que a água suja da superfície penetre no aquífero contaminando-o.

A água subterrânea demora anos para circular, por isso é muito difícil sua descontaminação.



**ÁGUA NO CORPO HUMANO:**

cérebro 75%  
 sangue 81%  
 músculos 75%  
 coração 83%  
 pulmões 86%  
 fígado 75%



Todos sabemos que sem água não existiria vida no nosso Planeta, pois todos os seres vivos daqui dependem dela.

Cerca de 70% do corpo humano e 70% do Planeta Terra são compostos por água.



**Sintomas de desidratação:**

- Perda de 1% a 5% de água;
- Sede, pulso acelerado, fraqueza;
- Perda de 6% a 10% de água;
- Dor de cabeça, fala confusa, visão turva;
- Perda de 11% a 12% de água;
- Delírio, língua inchada, morte;
- Uma pessoa pode suportar até 50 dias sem comer, mas apenas 4 dias sem beber água.



AMBIENTAL ←



A água nos proporciona prazer ao tomar banho no rio ou no mar, fazer um esporte aquático ou simplesmente um banho de chuveiro.

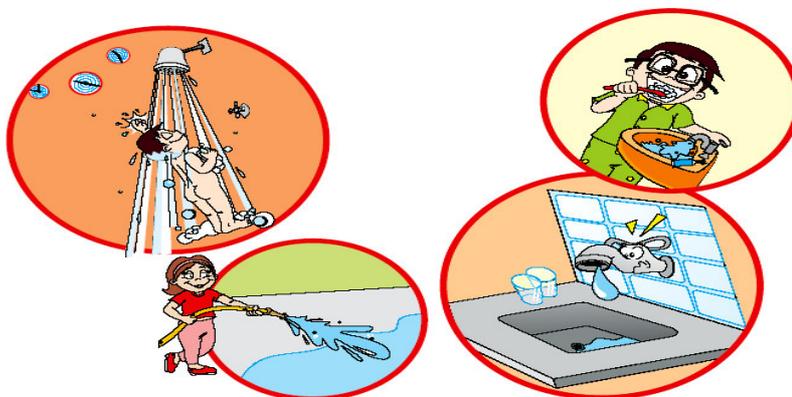
É importante para nossa higiene, lavar o rosto, escovar os dentes, lavar uma fruta, as roupas que estamos usando, enfim você já imaginou passar um dia sem utilizar a água?





E como se não bastasse todo esse estrago, as pessoas desperdiçam a água boa que tem:

- Tomando banhos demorados;
- Varrendo a calçada com água;
- Escovando os dentes com a torneira aberta...



### Saiba como economizar água

#### Ao escovar os dentes

Para escovar os dentes em cinco minutos com a torneira um pouco aberta gastam-se 12 litros de água (casa) / 80 litros (apartamento). Se molhar a escova e fechar a torneira enquanto escova os dentes, e ainda, enxaguar a boca com um copo de água, consegue-se economizar mais de 11,5 litros de água (casa) / 79 litros (apartamento).

#### Lavando roupa

Ao lavar roupa em uma lavadora, com capacidade para cinco quilos, gastam-se 135 litros de água (casa e apartamento). Para economizar, use a máquina de lavar somente quando estiver com sua capacidade total. Num tanque, com a torneira meio aberta por 15 minutos, podem-se gastar 279 litros (casa e apartamento). Por isso, o melhor é deixar acumular roupa, colocar a água no tanque para ensaboar, deixando a torneira fechada. Depois, colocar a água para enxaguar.

#### Fechando bem as torneiras

Fechre sempre as torneiras de modo que elas não fiquem soltando gotas d'água. Gotteando, o desperdício pode chegar a 46 litros por dia. Isto é, 1.380 litros por mês.

#### No banho

Em um banho de 15 minutos, com a torneira meio aberta, consomem-se 45 litros (casa) / 144 litros (apartamento). Se você fechá-la enquanto se ensaboa, diminuindo o tempo do banho para cinco minutos, o consumo cai para 15 litros (casa) / 48 litros (apartamento).

#### Lavando o carro

Evite lavar seu carro com a mangueira. Quando lavar, encha baldes de água para lavar e ensaboar o carro. Utilizar a mangueira para essa atividade gera um grande desperdício de água.

#### Fazendo a barba

Ao fazer a barba em cinco minutos, com a torneira meio aberta, podem ser gastos até 12 litros de água (casa) / 80 litros (apartamento). Muita água seria economizada colocando um tampão na pia e fazendo do lavatório um tanquinho. Assim, o gasto de água para fazer a barba cai para dois litros.

Foto: www.aba.gov.br

### VOCÊ SABE QUANTO DE ÁGUA É NECESSÁRIO PARA PRODUZIR:

1 kg de batata = 100 a 200 litros

1 kg de carne bovina = 15000 litros

5000 chips de 32M pesando 2g cada = 16000 litros

1 kg de pão = 150 litros

1 kg de carne suína = 6000 litros

1 kg de arroz = 1500 litros



### VOCÊ SABIA?

- Que 70% dos rios brasileiros estão poluídos e que existem regiões onde até a água do subsolo está poluída?

- Que a falta de água tratada pode transmitir várias doenças, como a diarreia, o cólera, a esquistossomose e várias outras?



### Doenças de veiculação hídrica

A água, tão necessária à vida do homem, pode ser também responsável por muitas doenças, denominadas doenças de veiculação hídrica.

As principais são:

- amebíase;
- giardíase;
- gastroenterite;
- febres tifóide e paratífóide;
- hepatite infecciosa;
- cólera.

Indiretamente, a água pode ainda estar ligada à transmissão de algumas verminoses, como esquistossomose, ascariíase, taeníase, oxiúriase e anquilostomíase.

Além disso, a água pode provocar alterações na saúde, caso não possua certos minerais na dose necessária. O bócio ou "papo" se adquire quando a água utilizada não tem iodo.

O índice de cáries dentárias pode ser reduzido com a adição do flúor na água. Também pode ocorrer intoxicação se a água utilizada contiver algum produto tóxico, como, por exemplo, o arsênico.

Para evitar os males que podem ser veiculados pela água destinada ao consumo, é necessário que ela seja sempre convenientemente tratada.



### Referências bibliográficas

ANTUNES, Celso. Os rios, os mares e os oceanos. São Paulo: Scipione, 1995.

RODRIGUEZ, Sérgio Kleinfelder. Nossa terra, nossa casa. São Paulo: CPRM, 1995.

(Programa de Publicações Especiais - Núcleo de Divulgação da Diretoria de Geologia e Recursos Hídricos)

SAUVAIN, Philip. Rios e vales. São Paulo: Scipione, 1998.

Planeta água. [s.l.]: Samitri S/A, [s.d.], 18p.

SANEAMENTO. Uma questão de saúde, desenvolvimento social e econômico. Belo Horizonte: Copeasa, [s.d.], 36p.

MANUAL DO EDUCADOR. Projeto: com o pilar de educação ambiental. Barão de Cocais: Fundação Vale do Rio Doce, v.2, nov. 2001.

EMATER, Minas Gerais.

FERNANDES, Maurício. Preservação de nascentes. Jornal da Emater-MG, Belo Horizonte, jun. 2002, Coluna Como Saber, p.12.

LOBO, Henrique. Uma qualidade de água para cada uso. Planeta água, Governador Valadares, [s.n.t.].

COMPANHIA VALE DO RIO DOCE. Gerência de Comunicação Regional de Minas Gerais. Gerência de Meio Ambiente das Minas do Sistema Sul.



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)