UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
CURSO DE GEOGRAFIA

LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS EM ITAARA - RS E SUA VULNERABILIDADE NATURAL

TRABALHO DE GRADUAÇÃO B

FABIANO ANDRÉ MARION

SANTA MARIA, RS, BRASIL
2007

LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS EM ITAARA - RS E SUA VULNERABILIDADE NATURAL

por

Fabiano André Marion

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Geografia - Bacharelado da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Bacharel em Geografia**.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Silvério da Silva

Santa Maria, RS, Brasil

2007

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Curso de Geografia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Graduação

LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS EM ITAARA - RS E SUA VULNERABILIDADE NATURAL

elaborado por
Fabiano André Marion

como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Geografia

COMISSÃO EXAMINADORA:

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

José Américo de Mello Filho, **Dr.** (UFSM)

Sandra Ana Bolfe, **Drª.** (UFSM)

Santa Maria, 9 de março de 2007.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, à tia Inês e familiares por tudo o que fizeram por mim ao longo de minha vida, à Universidade Pública e aos milhões de brasileiros que a mantém ao pagar seus impostos. Agradeço também:

Aos Professores do Curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria e em especial ao Professor Silvério, com quem trabalhei em vários projetos, pela orientação, sugestões, receptividade, amizade e pelos valiosos ensinamentos.

Aos Professores Sandra, José Américo e Eduardo por aceitarem participar da comissão examinadora deste trabalho e pelas sugestões e, em especial, a Professora Sandra por me dar a oportunidade de participar da elaboração do Plano Diretor Municipal de Itaara e ao Professor José Américo pela ajuda em trabalhar com o programa *ArcGIS* e pela oportunidade de ingressar no mestrado em Geomática. A Prefeitura Municipal de Itaara, por ceder o transporte nos trabalhos de campo e em especial ao Sr. José Altair Leal, da Vigilância Ambiental, pela ajuda nos trabalhos de campo e pela disponibilidade dos dados.

Aos colegas do Curso de Geografia, do Laboratório de Hidrogeologia/CCNE e do Laboratório de Planejamento e Projeto/CT, pelo companheirismo, amizade e incentivos. Aos amigos com quem dividi a república e que me “suportaram” durante esse período.

E, finalmente, a todos que de uma ou outra forma colaboraram para eu poder concluir mais essa etapa.

RESUMO

Trabalho de Graduação
Curso de Geografia
Universidade Federal de Santa Maria

LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS EM ITAARA - RS E SUA VULNERABILIDADE NATURAL

AUTOR: FABIANO ANDRÉ MARION
ORIENTADOR: JOSÉ LUIZ SILVÉRIO DA SILVA
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 9 de março de 2007.

Este trabalho tem como preocupação central, ser um instrumento orientativo na prevenção à poluição das águas subterrâneas. Assim, seu objetivo principal é fornecer uma avaliação da situação atual dos recursos hídricos subterrâneos e sua vulnerabilidade natural, como subsídio ao Plano Diretor Municipal de Itaara - RS. A pesquisa foi realizada com base em dados pré-existentes e em estudos complementares. Foram cadastrados 52 poços e dispostos num Banco de Dados Georreferenciado, utilizando-se para isso o programa *ArcGis 9.0.* Desses, possibilitou-se simular de 21, o índice de vulnerabilidade natural, pela aplicação do método ***GOD***, a superfície potenciométrica e o nível estático. Essas simulações foram espacializadas em cartogramas por meio do aplicativo *Surfer 8.0* com base nas coordenadas UTM. Foram encontrados 4 poços com o índice de vulnerabilidade desprezível, 14 com baixa e 3 com extrema. A superfície potenciométrica indicou um desnível do lençol freático de 188 m (492 a 304 m) e o nível estático dos poços variou entre 43 a 0,9 m. Para a avaliação da qualidade natural da água, foram utilizados os seguintes parâmetros: Condutividade Elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos, pH, Oxigênio Dissolvido, cor aparente e Turbidez. Apenas dois poços apresentaram parâmetros em desacordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Palavras-chave: recursos hídricos; vulnerabilidade natural; Plano Diretor Itaara; água subterrânea.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Atividades e restrições, segundo critérios de vulnerabilidade.....39
TABELA 2 - Variação da CE e STD dispostos no cadastro do SIAGAS/CPRM.....40
TABELA 3 - Parâmetros físico-químicos avaliados.....40

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização da área de estudo.....11
FIGURA 2 - Regiões Hidrográficas do Rio Grande do Sul.....15
FIGURA 3 - Esquema representativo do Método "*GOD*" para avaliação da vulnerabilidade à contaminação de aqüíferos.....26
FIGURA 4 - Banco de Dados montado no programa *ArcMap*.....29
FIGURA 5 - Situação dos poços utilizados no abastecimento urbano de Itaara/RS..31
FIGURA 6 - Localização dos poços de Itaara/RS.....32
FIGURA 7 - Poço escavado no Cerro dos Minello.....33
FIGURA 8 - Cartograma da Superfície Potenciométrica para a área de Itaara/RS...34
FIGURA 9 - Cartograma da Vulnerabilidade Natural dos poços para a área de Itaara/RS.....36
FIGURA 10 - Cartograma do Nível Estático dos poços para a área de Itaara/RS.....37

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....5

LISTA DE FIGURAS.....6

INTRODUÇÃO.....8

1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO.....10

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....17

2.1 Água subterrânea e ciclo hidrológico.....17

2.2 Vulnerabilidade e proteção de aqüíferos.....19

2.3 Qualidade da água subterrânea.....21

2.4 Legislação sobre proteção dos recursos hídricos subterrâneos.....22

3. METODOLOGIA.....24

3.1 Procedimentos Metodológicos.....24

3.2 Procedimentos Técnicos.....24

4. RESULTADOS.....28

4.1 Levantamento cadastral e situação atual.....28

4.2 Vulnerabilidade natural.....34

4.3 Análise dos parâmetros físico-químicos d'água.....39

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....42

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....44

INTRODUÇÃO

Essencial à vida, a água é um recurso natural de valor inestimável para a humanidade, necessário para praticamente todas as suas atividades. A quantidade de água existente na natureza é finita e sua disponibilidade diminui gradativamente devido ao crescimento populacional, aliado à intensificação das atividades de caráter poluidor. Isto tem ocasionado, em todo o mundo, a ocorrência de problemas relacionados à falta deste recurso em condições adequadas de quantidade e qualidade, até para o atendimento das suas necessidades mais essenciais.

Atualmente, tem-se uma grande procura pela água subterrânea[1] como fonte para o abastecimento, tanto urbano quanto rural, visto que as águas superficiais se tornam cada vez mais poluídas e escassas. Outro motivo é o baixo custo de captação e distribuição, associado a uma maior qualidade natural.

As águas subterrâneas encontram-se protegidas por camadas de solo, rochas e/ou suas alterações. Assim, são menos propensas á contaminação do que as águas superficiais, funcionando como reservatórios. Por outro lado, quando contaminadas, sua descontaminação torna-se difícil e onerosa (MARION *et al.*, 2006).

A crescente exploração deste recurso, que é feita na maioria das vezes sem o devido cuidado que mereciam, aliado a usos inadequados do solo, pode ocasionar problemas no que tange à poluição das fontes subterrâneas causadas geralmente por vazamentos de fossas sépticas, solos contaminados, disposição ilegal e não regulamentada de lixões e o uso indevido de poços desativados entre outros.

Frente a esta situação, prevenir a contaminação ainda é a solução mais coerente. A população, de maneira geral, possui pouco conhecimento sobre os recursos hídricos subterrâneos e por isso acredita, em sua maioria, que dispensa maiores cuidados na sua utilização, incluindo as suas potencialidades. Para isso, faz-se necessários estudos que orientem e planejem a exploração das águas subterrâneas, alicerçadas na prevenção à sua contaminação. Os estudos de vulnerabilidade têm servido à racionalização de ações de proteção de aqüíferos, à medida que tentam compatibilizar as atividades antrópicas e a capacidade do

[1]Segundo Karmann (2000), é toda água que ocupa vazios em formações rochosas ou no regolito.

terreno em suportá-las, sem prejuízo à qualidade das águas subterrâneas (HIRATA, 2001).

Em se tratando de recursos hídricos subterrâneos, sua prevenção se dá por meio de estudos de proteção dos aqüíferos, controle das atividades humanas e identificação de áreas vulneráveis a contaminação, a fim de efetuar um planejamento ordenado em relação aos usos e ocupações do solo. Os mesmos, conforme o Código Estadual do Meio Ambiente, Lei Estadual n° 11.520/2000 deverão ser indicados na elaboração de Planos Diretores e instrumentos de planejamento urbano.

Assim, teve-se como objetivo geral, fornecer uma avaliação da situação atual dos recursos hídricos subterrâneos e sua vulnerabilidade natural, como subsídio ao Plano Diretor Municipal de Itaara, no Estado do Rio Grande do Sul.

Para tanto, foi realizado um levantamento cadastral dos poços tubulares e/ou escavados; montado Banco de Dados georreferenciado a partir de dados pré-existentes e de estudos complementares em campo; elaborado cartogramas que possibilitem indicar a vulnerabilidade natural dos aqüíferos pela aplicação do método *GOD*, além da direção do fluxo subterrâneo e o nível estático dos poços e, finalmente, realizada a análise dos parâmetros físico-químicos da água subterrânea com relação aos padrões de potabilidade para consumo humano.

1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O Município de Itaara está localizado no Estado do Rio Grande do Sul (RS), entre as coordenadas N de 6.715.800 a 6.738.510 m e entre as coordenadas E de 225.030 a 239.940 m, Fuso 22 S, segundo a Projeção Universal Transversa de Mercator, adotada para o Mapeamento Sistemático Brasileiro (ver figura 1). Integra a Microrregião Geográfica de Santa Maria, distante 15 km ao norte da cidade de Santa Maria, importante centro polarizador que fornece serviços ao município de Itaara, e do qual fazia parte como antigo Distrito.

Segundo a FEE - Fundação de Economia e Estatística - (2005), a população total de Itaara é de 5.459 habitantes, distribuída sobre uma área de 171,1 Km², e o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) no ano de 2000 foi 0,801, o 168° melhor na colocação à nível Estadual. Conforme De Paula (2003), a população é formada por descendentes de italianos, portugueses, alemães, africanos, espanhóis, judeus e índios. Seus limites políticos atuais são com os seguintes municípios: ao norte com São Martinho da Serra, ao sul com Santa Maria, a leste com Júlio de Castilhos e a oeste novamente com São Martinho da Serra.

Habitado primeiramente por índios Tupis-guaranis, seu povoamento teve início por volta da década de 1840, com a abertura de uma passagem para diminuir o percurso entre Santa Maria e Cruz Alta, surgindo assim a Picada do Pinhal. Em 1857, deu-se início a primeira colonização agrícola da Serra do Pinhal com a vinda de três famílias alemãs. Já em maio de 1882, foi criada a Freguesia de São José do Pinhal, que abastecia o comércio de Santa Maria com produtos primários e também manufaturados. Em dezembro de 1904, chega ao atual município a primeira leva de judeus no Brasil, um grupo de 76 famílias que foram instaladas na Colônia Philippson, situada nas nascentes do Rio Ibicuí-mirim. De antigo 8° Distrito de Santa Maria, oficializado em 24 de junho de 1952, torna-se município, conforme Lei Estadual N° 10.643 de 28/15/1995 e instalado em 1º de janeiro de 1997 com o nome de Itaara (DE PAULA, 2003).

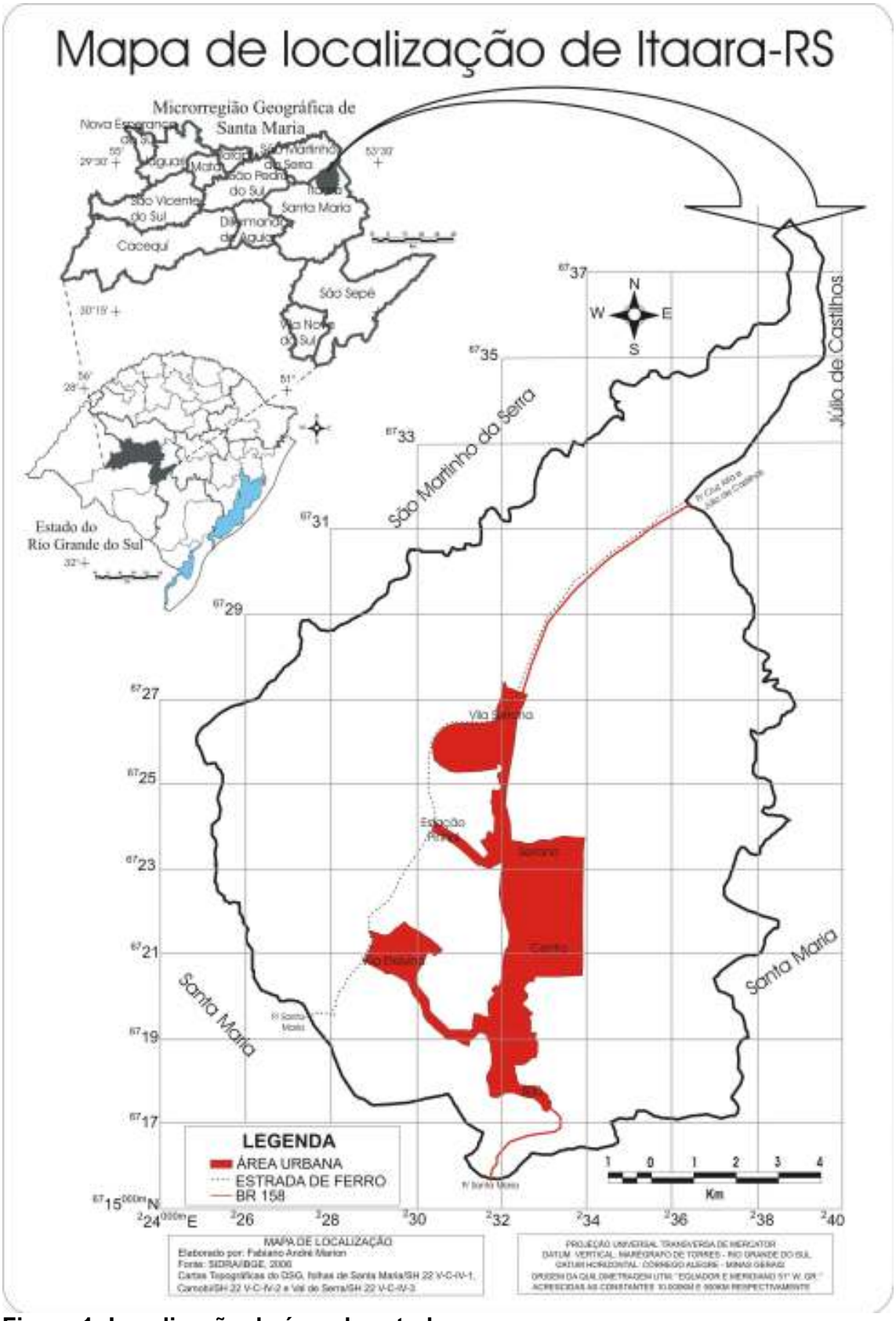

Figura 1: Localização da área de estudo.
Organização: MARION, F. A., 2006.

Está situado sobre o Topo e o Rebordo do Planalto, o qual é composto basicamente por rochas basálticas e secundariamente por areníticas, formado por sucessivos derrames de lavas da Era Mezozóica. Essas lavas deram origem a rochas efusivas continentais, comumente basaltos, com diques e corpos tabulares de diabásio, cujo conjunto é denominado de Formação Serra Geral (MÜLLER FILHO, 1970).

As diferenças morfológicas entre o Topo e o Rebordo do Planalto imprimem formas diferenciadas em relação aos usos e ocupação do solo no município que tem na agropecuária, a sua atual base econômica, a qual apresenta-se de forma diferenciada entre as unidades morfológicas, decorrentes principalmente das diferentes dimensões dos módulos rurais. No Topo do Planalto, as propriedades rurais são maiores, predominando a produção de milho, soja, forragens e o pastoreio. Já no Rebordo do Planalto, predominam as culturas típicas de pequenas propriedades rurais de subsistência, as quais se adaptam aos locais de relevos íngremes, como hortifrutigranjeiros, leite, criação de aves, feijão e milho entre outros. Atualmente está se expandindo a atividade fumicultora, fomentada por empresas multinacionais.

Segundo Iensen (2005), Itaara está passando pelo processo de urbanização, o qual ocorre, assim como na maioria dos outros municípios, devido ao êxodo rural, ocasionado pela expropriação dos meios de produção e de trabalho das famílias rurais. A mesma autora também constatou que em 31 das 100 residências entrevistadas na zona urbana, apresentaram moradores que se deslocam diariamente à Santa Maria para trabalharem. Outra particularidade de Itaara é a sazonalidade da população, uma vez que existem muitas casas de veraneio e chácaras espalhados por todo o município. Esses movimentos populacionais diários e sazonais refletem fortemente no abastecimento hídrico do município.

Nos estudos como este, que envolvem águas subterrâneas, é essencial a caracterização da Província Hidrogeológica a qual a área está inserida. Assim, devido à inserção do município sobre uma área predominantemente composta por uma formação geológica ocasionada por derrames vulcânicos, Itaara enquadra-se na Província Basáltica, dessa forma caracterizada:

> (...) faz parte integrante de um dos maiores derrames de lava do mundo, recobre aproximadamente 1.200.000 Km² na América do Sul. No Rio Grande do Sul, a área recoberta pelos basaltos é da ordem dos 137.000

> Km², o que representa quase a metade do território do Rio Grande do Sul. (HAUSMAN 1995, P.68)

Essa Formação, denominada de Serra Geral, encontra-se no mapa hidrogeológico da CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - (1995) subdividida entre os derrames ácidos compostos por riolitos e riodacitos com disjunção tabular e os derrames básicos, compostos por basaltos e andesitos toleíticos, que formam aqüíferos locais restritos às zonas fraturadas e contatos interderrames.

Nos setores com menor cota altimétrica, ao sul e leste do município, o substrato rochoso é composto por rochas sedimentares, principalmente arenitos da Formação Botucatu. De acordo com Gasparetto *et al*. (1988), esta, juntamente com as Formações Caturrita e Santa Maria, integra o SAG (Sistema Aqüífero Guarani), sendo o mesmo também encontrado em alguns setores do Topo e Rebordo do Planalto, entre os derrames de lava basáltica.

Durante os períodos geológicos Jurássico e Cretáceo, ocorreram sucessivos derrames vulcânicos, sendo que o intervalo entre eles possibilitou a formação de arenitos eólicos correspondente à Formação Botucatu, que se encontra na área intercalada entre os derrames vulcânicos (interderrames = intertrápicos). Estes formaram aqüíferos cristalinos fissurais e, localmente, arenitos intertrápicos pertencentes ao SAG (Nota do orientador). Um exemplo de localidade onde podem ser encontrados é no Cerro dos Minello.

A Formação Botucatu, de acordo com Maciel Filho (1990), é composta por arenitos essencialmente quartzosos, contendo feldspatos alterados, cimentados por sílica, predominantemente, ou óxido de ferro, com estratificação cruzada de grande porte, originária de antigas dunas eólicas. Devido às suas características, essa formação permite alta absorção e transmissão de água, constituindo-se num excelente aqüífero. È a principal responsável pela grande quantidade d'água encontrada no SAG em muitos locais onde está saturado de água subterrânea.

Em pequenas áreas, de menor cota altimétrica, têm-se o afloramento da Formação Caturrita que, segundo a CPRM (1995), é composta por arenitos médios a finos, com estratificação cruzada de grande porte, formando um aqüífero contínuo de grande extensão, livre e/ou semiconfinado, com permeabilidade alta a média, originária de um paleoambiente fluvial.

Já nas porções mais elevadas do município, outra formação sedimentar é encontrada, mas com a diferença de estar estratigraficamente localizada sobre as lavas basálticas, a Formação Tupanciretã. Essa Formação denominada por Menegotto; Sartori; Maciel Filho (1968), é constituída por um conjunto litológico bastante heterogêneo, em que predominam conglomerados e arenitos que próximo ao topo, mostram intercalções de delgadas camadas de argila. O perfil do poço SIAGAS/CPRM n° 4300000782 apresenta no topo a ocorrência desta formação geológica.

O clima dessa área, de acordo com Barros Sartori (1979), apresenta temperaturas médias anuais em torno dos 22°C, sendo que as temperaturas médias mínimas e máximas apresentam valores como 13°C no inverno e 25°C no verão. Itaara enquadra-se na zona fundamental temperada e no tipo fundamental temperado úmido, segundo a classificação climática de Köppen. É caracterizada pela ocorrência de chuvas durante todos os meses do ano e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C.

Para Nimmer (1990), o regime climático da área, onde se enquadra o município de Itaara, é constituído por precipitações regulares com índices pluviométricos anuais entre 1.500 a 1.750 mm, sendo as chuvas ocasionadas pela passagem de frentes frias, intensificadas pelo efeito orográfico do Rebordo do Planalto e, eventualmente, pela formação de frentes quentes. Esses índices são importantes na estimativa da recarga direta pela infiltração das águas meteóricas no sub-solo. De acordo com Gregorashuk (2001), a maioria dos pesquisadores concorda com uma infiltração de 1 a 3 % da precipitação média anual. Já Hausman (1995) estimou para a área uma taxa de infiltração entre 3 e 6 % da precipitação média anual.

Segundo Martins (2005), o município de Itaara conta com 174,44 ha de água em superfície, constituída por vários açudes, tanto naturais como artificiais, pelos rios e arroios e também pelas barragens Saturnino de Brito e de Val de Serra, ambas localizadas no rio Ibicuí Mirim, divisa com o município de São Martinho da Serra, as quais compõem a superfície d'água de 0,82% sobre o total da área do município.

Por situar-se num divisor de águas, o município integra três bacias hidrográficas[2]: a do Ibicuí Mirim, a do Vacacaí Mirim e a do Arroio Grande. No Rio Grande do Sul, a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) propôs a divisão do Estado em três Regiões Hidrográficas (U = Uruguai, G = Guaíba e L = Litorânea), as quais foram subdivididas em 25 grandes bacias hidrográficas (SEMA, 2004). O município de Itaara integra a bacia G-060 (Vacacaí-Mirím) e a U-050 (Ibicuí).

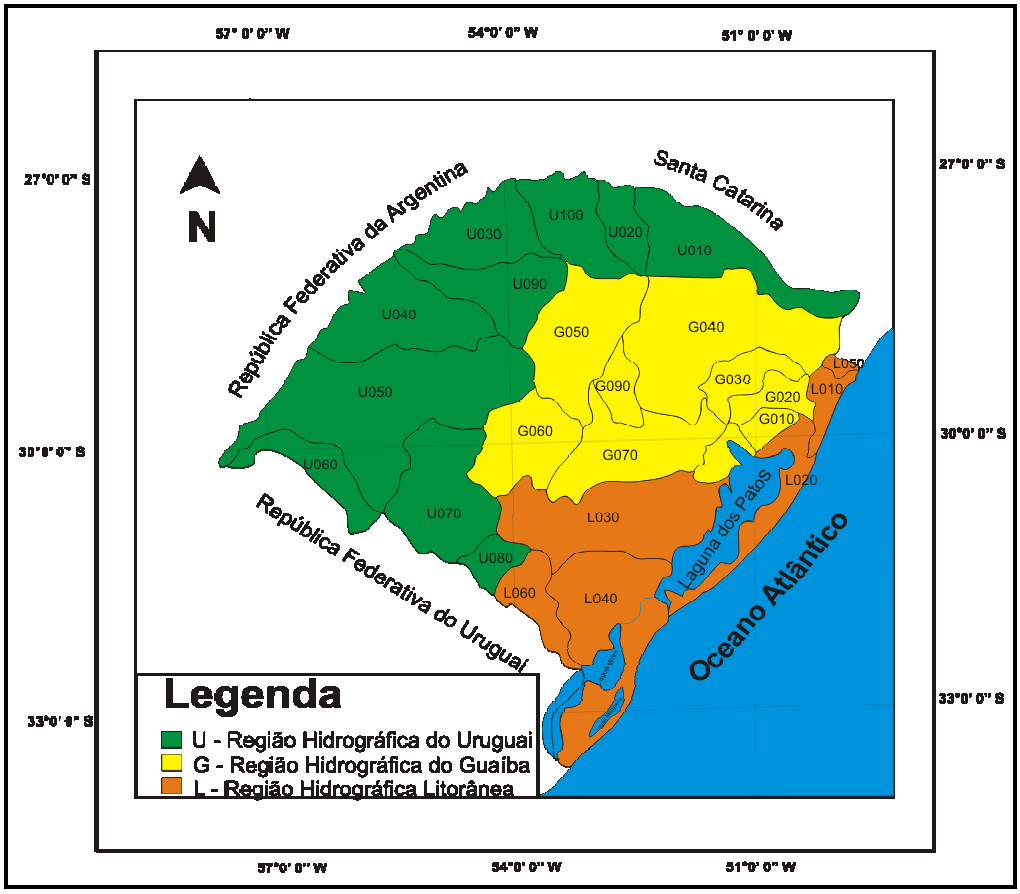

Figura 2 - Regiões Hidrográficas do Rio Grande do Sul.
Fonte: SEMA (2005). Adaptado por FRANTZ, L.C. (2005).

Os afluentes dos rios Vacacaí Mirim e Arroio Grande, que nascem em Itaara, integram a bacia G-060 (Vacacaí-Vacacaí Mirim), a qual faz parte da região hidrográfica do Guaíba. Já, os afluentes do rio Ibicuí Mirim integram a Bacia U-050 (Ibicuí), e pertencem, portanto, à região hidrográfica do rio Uruguai.

[2] Para Guerra (1978), a Bacia Hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Essas terras estão compreendidas entre os divisores de água e os canais que integram a rede fluvial, formando vales em cujas cabeceiras localizam-se as nascentes fluviais. Os pequenos cursos da água vão unindo-se uns aos outros até formarem um rio principal que conduz até a foz da bacia as águas por ela escoadas.

De acordo com Maciel Filho (1990), o solo que se desenvolve nessa área sob o substrato rochoso predominante, formado por rochas vulcânicas ácidas, é residual (solo que se forma *in situ*), ou seja, a rocha desintegrada permanece no local de origem. Os solos de Itaara, por se formarem sob aspectos desiguais, apresentam-se sob diferenciadas formas. Enquanto no Topo do Planalto apresentam média profundidade, pouco sujeitos à erosão e desenvolvidos sob baixas declividades, o que facilita a mecanização da lavoura, os solos no Rebordo do Planalto, são rasos e pouco desenvolvidos, limitando tanto a atividade agrícola quanto a construção civil.

No que se refere à cobertura vegetal, importante fator na recarga dos aqüíferos, de acordo com Martins (2004), grande parte da área florestal do município está localizada na metade sul, junto ao Rebordo do Planalto, com declividades acentuadas. Predominam como vegetação nativa espécies da Floresta Estacional Decidual, que encontraram condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento. De acordo com Marchiori (2002), dentre as espécies vegetais da Floresta Estacional Decidual encontrada junto ao Rebordo, destacam-se o angico-vermelho, a canafístula e a timbaúva.

Já na área que corresponde ao Topo do Planalto, junto às áreas de maior umidade, ocorre vegetação arbórea em forma de capões e matas galerias e, nas partes colinosas, gramíneas rasteiras. O principal tipo fitogeográfico nesta área é a Floresta Estacional Decidual. Ocorrem, também, algumas áreas de Floresta Ombrófila Mista, a qual constitui o limite inferior de sua ocorrência natural (MARCHIORI, 2002).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Água subterrânea e o ciclo hidrológico

A água existente na Terra tem origem no ciclo hidrológico, isto é, na condensação primordial do vapor d'água que formou os oceanos e mares e, posteriormente, no sistema pelo qual a natureza faz a água circular do oceano para a atmosfera e desta para os continentes, de onde retorna à atmosfera e, superficial e subterraneamente, aos oceanos. É também conhecido como ciclo da água, devido às constantes mudanças de estado da água na natureza que o ciclo hidrológico proporciona (CAMPONOGARA, 2006),

Karmann (2000) compara o ciclo hidrológico com uma grande máquina de reciclagem da água. O grande motor deste ciclo é o calor irradiado pelo sol, quando uma chuva cai, uma parte da água se infiltra através dos espaços que encontra no solo e nas rochas. Pela ação da força da gravidade, esta água vai se infiltrando até não encontrar mais espaços, e começa então a se movimentar horizontalmente em direção às áreas de baixa pressão. A água da chuva, que não se infiltra, escorre sobre a superfície em direção às áreas mais baixas, indo alimentar diretamente os riachos, rios, mares, oceanos e lagos. A vegetação tem um papel importante neste ciclo, pois uma parte da água que cai é absorvida pelas raízes e acaba voltando à atmosfera pela transpiração das plantas e dos animais ou pela simples e direta evaporação (evapotranspiração).

As atuais perspectivas indicam que o volume da água existente no mundo é cerca de 1.400 milhões de km³/ano, dos quais 97,5% correspondem à água salgada e apenas 2,5% à água doce. A distribuição dos 38 milhões de km³ de água doce perfaz o total de 68,9% nas calotas polares; 29,9% nos aqüíferos; 0,35% nos lagos e pântanos, 0,04% na atmosfera e 0,01% nos rios (HIRATA, 2000).

Sendo assim, os aqüíferos representam uma porcentagem significativa sobre o total de água doce disponível, constituindo importantes reservas de água subterrânea que necessitam de estudos que viabilizem seus usos e sua proteção. Devido ao aumento da demanda de água doce de boa qualidade no planeta, os aqüíferos são cada vez mais explorados para suprir as necessidades de consumo das populações. De acordo com a Resolução n° 15 do Conselho Nacional de

Recursos Hídricos, um aqüífero é um corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos.

Na definição de Rebouças (2002, p. 119), os aqüíferos “são corpos rochosos com características relativamente favoráveis a circulação e armazenamento de água subterrânea, podem variar em extensão de alguns km até milhões de km; com espessuras variadas (...)”. Portanto, participam de uma ou de várias bacias hidrográficas. Cita-se como exemplo a Formação Serra Geral que ocorre na Bacia do Paraná em parte de oito estados brasileiros (RS, SC, PR, SP, MG, MS, MT e GO). Já no Uruguai, na Argentina e no Paraguay é denominada de Lavas Arapay (nota do orientador).

Assim, devido à extensão da Formação Serra Geral que, apresenta as mesmas características hidrogeológicas, prefere-se utilizar o nome Província, ainda por apresentarem rochas sedimentares pós-vulcânicas, como a Formação Bauru no Estado de São Paulo e Formação Tupanciretã no Rio Grande do Sul (HAUSMAN, 1995). Cita-se ainda a Formação Botucatu, denominação dada ao perfil tipo na cidade de Botucatu no Estado de São Paulo, mas que também ocorre aflorante em sub-superfície, ou ainda como interderrames nos 8 estados brasileiros citados. Por isso, atualmente, prefere-se utilizar a denominação Sistema Serra Geral-Botucatu, indicando que essas águas recebem contribuição de mais de um tipo rochoso e podem estar isolados tectonicamente por falhas (MACHADO, 2005).

A água subterrânea, para Guerra (1978), é aquela que se infiltra nos solos e nas rochas, caminhando até o nível hidrostático. Origina-se da chuva que precipita e infiltra no solo. Assim, a quantidade de água a se infiltrar depende da quantidade de chuva, do tipo de litologia e da cobertura vegetal.

Atualmente, o uso popular de alguns termos hidrogeológicos dificulta o seu correto entendimento devido à generalização, como, no caso, artesiano. O artesianismo ocorre somente em determinadas situações geológicas, onde um aqüífero confinado, ou seja, aquele que está entre camadas impermeáveis, dá origem a poços jorrantes, chamados de artesianos, nome derivado da localidade de *Artois*, França (KARMANN, 2000). Portanto, poços tubulares só poderão ser denominados de artesianos quando jorrantes.

2.2 Vulnerabilidade e proteção de aqüíferos

A água é reconhecidamente um recurso vulnerável à contaminação, por isso é de grande relevância que se disponha de instrumentos legais, essenciais ao equilíbrio da sua oferta e demanda, pelos quais se garanta o desenvolvimento sustentável e o acesso da mesma às populações, à indústria, à agricultura e à pecuária. A vulnerabilidade à poluição de aqüíferos, conforme Hirata (2001), tem sido usada para expressar as características intrínsecas naturais que determinam a sensibilidade de um aqüífero ser adversamente afetado por uma carga contaminante antrópica imposta.

Segundo Hirata (1994 *apud* CORIDOLA *et al.*, 2005), o conceito de vulnerabilidade de aqüíferos à contaminação antrópica é seguramente uma das formas mais adequadas de se encarar a preservação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos. Adequar a atividade humana em função da capacidade de suporte do meio, ou seja, quanto ele pode atenuar cargas contaminantes, é fazer uma parceria com as características naturais do terreno para uma ocupação ambientalmente responsável.

Frente à atual demanda e importância das águas subterrâneas, a legislação, veio ao encontro da necessidade de conservação das mesmas, conforme previsto no Código Estadual do Meio Ambiente:

> Incumbe ao Poder Público, manter programas permanentes de proteção das águas subterrâneas, visando ao seu aproveitamento sustentável, e a privilegiar a adoção de medidas preventivas em todas as situações de ameaça potencial a sua qualidade. (LEI 11.520 de 03/08/2000 - Art. 134).

Para a realização de programas preventivos e de controle das atividades humanas, como instrumentos de planejamento, são necessários estudos que identificam e ordenam a ocupação do solo nas áreas mais importantes para a sua preservação.

> (...) a preservação consiste em estabelecer um programa claro e eficiente de proteção dos aqüíferos e controle das atividades humanas, planejando e ordenando a ocupação e o uso do solo. É condição essencial para o desenvolvimento de estratégias, visando a prevenção dos recursos hídricos, e o estabelecimento de áreas com maior risco de degradação dos aqüíferos, a fim de priorizar a aplicação de recursos técnicos e financeiros em locais de maior interesse sócio-econômico e ambiental (FOSTER; HIRATA 1993, p. 7).

A partir da identificação dessas áreas e de pontos potenciais à contaminação, pode-se propor áreas de proteção ambiental importantes na manutenção da qualidade desse recurso. Assim, nos últimos anos, tem se desenvolvido no meio científico técnicas para determinar o risco de contaminação das águas subterrâneas, entre elas, o modelo desenvolvido por Foster; Hirata (1993) e aperfeiçoado por Foster *et al*. (2003).

Este modelo consiste num instrumento básico necessário para a implantação de programas de proteção e controle da contaminação dos recursos hídricos subterrâneos, uma vez que permite o mapeamento dos valores de vulnerabilidade das áreas estudadas, definindo os locais críticos à contaminação. Nele, os pontos potenciais à contaminação, podem ser georreferenciados e cruzados em Sistemas Geográficos de Informação.

De acordo com Foster *et al.* (2003, p.23.), o Método *GOD* significa ***G****roundwater hydraulic confinement,* ***O****verlaying Strata,* ***D****epth to groundwater table*. Ou seja, Grau de Confinamento Hidráulico, Ocorrência de Substrato Litológico (características litológicas e grau de consolidação da zona não saturada ou capas confinantes acima do nível freático), a Distância do Nível de Água Subterrânea (em aqüíferos não confinados, exemplo formação Botucatu) ou ao Teto do Aqüífero (em aqüíferos confinados, exemplo rochas vulcânicas).

As condições das águas subterrâneas se referem à situação natural da estrutura do aqüífero, identificando se este se encontra confinado ou não, pois dependendo do grau de confinamento, este estará mais suscetível a contaminação. A litologia geral trata do tipo de substrato existente na área, pois áreas arenosas são mais propensas à contaminação, devido à porosidade, isto é, a existência de conexão entre os poços, portanto da condição de propagação de um contaminante em um aqüífero poroso, bem como de sua permeabilidade elevada, ou seja, facilidade de percolação de fluídos (SILVÉRIO DA SILVA *et al*. 2004).

Quanto à profundidade do nível freático, deve-se destacar que as águas subterrâneas que se encontram em menor profundidade são as mais vulneráveis a contaminantes, oriundos da superfície do terreno, uma vez que estas agem como filtros e sendo a sua espessura menor, mais facilmente podem atingir os lençóis freáticos ou nível potenciométrico. Dependendo das atividades antrópicas que ocorrem, ao contrário daqueles poços mais profundos, cujas águas estarão mais

protegidas pelos solos e/ou rochas (FOSTER *et al.* 2003). Assim, este método atribui notas maiores aos aqüíferos com nível d'água mais rasos.

2.3 Qualidade da água subterrânea

Na investigação das águas subterrâneas, ao analisar sua qualidade, é importante considerar-se os parâmetros físico-químicos e/ou bacteriológicos. Segundo a CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1978), muitos fatores do meio influenciam nos processos químicos, como o contato com os minerais que formam a crosta terrestre e que nela vão dissolvendo em maior ou menor proporção, interferindo na qualidade da água subterrânea.

> Os minerais dissolvidos na água subterrânea afetam seus usos específicos. Se uma ou mais das substâncias dissolvidas estiverem presentes em quantidade superior à que pode ser tolerada, a água deve ser submetida a um tratamento que as elimine ou as remova, de modo que possa servir para o fim pretendido (CETESB 1978, p. 45).

Do ponto de vista hidrogeológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto a sua quantidade. A disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para determinados tipos de uso, depende fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997).

A avaliação de parâmetros físico-químicos dá uma idéia da qualidade da água de um determinado local. Para Feitosa; Manoel Filho (1997), a Condutividade Elétrica é um indicador da presença de material orgânico recente introduzido no corpo da água. A estimativa dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD), obtida através da Condutividade Elétrica dá uma idéia da potabilidade da água. Quando a estimativa for igual ou maior que 1000 mg/L, as águas estão salobras e/ou podem estar contaminadas. A Portaria 518/2004 estabelece 1000 mg/L de STD como valor máximo permitido para a água ser adequada ao consumo humano.

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), por meio da Resolução n° 357/2005 utiliza esse parâmetro para definir a água doce, a qual deve ter a quantidade de STD inferior a 500 mg/L. A partir desta quantidade até 3000 mg/L, a água é salobra e acima desse valor é considerada salina. Segundo Feitosa; Manoel Filho (1997), 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 na água.

O pH (potencial Hidrogeniônico) consiste na medida de concentração de íons H^+ na água, uma vez que o balanço dos íons hidrogênio e hidróxido (OH^-) determinam quão ácida ou básica ela é. 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; Manoel filho, 1997). A Portaria 518/2004 estabeleceu os padrões de qualidade de água para o consumo humano, sendo que o pH deve variar entre 6 e 9,5.

2.4 Legislação sobre proteção dos recursos hídricos subterrâneos

Atualmente, o Estado do Rio Grande do Sul possui uma legislação avançada na proteção ambiental, tendo inclusive no Código Estadual do Meio Ambiente, instituído pela Lei 11.520 de 03 de agosto de 2000, um precioso instrumento na conservação dos mananciais subterrâneos.

Segundo o Artigo 120 do Código Estadual do Meio Ambiente, as águas constituem um bem natural indispensável à vida e às atividades humanas, dotado de valor econômico em virtude de sua limitada e aleatória disponibilidade temporal e espacial. Por constituir um bem público de domínio do Estado, deve ser por este gerido, em nome de toda a sociedade, tendo em vista seu uso racional sustentável.

O Poder público, como responsável por gerir uma nação, tem por obrigação zelar pela proteção dos recursos hídricos subterrâneos dentro dos seus instrumentos de planejamento, como consta nos parágrafos do Art. 134 e 136 do Código Estadual do Meio Ambiente.

> A vulnerabilidade dos lençóis d'água subterrâneos será prioritariamente considerada na escolha da melhor alternativa de localização de empreendimentos de qualquer natureza potencialmente poluidores das águas subterrâneas (LEI ESTADUAL 11.520 de 03/08/2000 - ART. 134, § 2°).
>
> Os municípios deverão manter seu próprio cadastro atualizado de poços profundos e de poços rasos perfurados sob sua responsabilidade ou interveniência direta ou indireta (LEI ESTADUAL 11.520 de 03/08/2000 - ART. 134, § 5°).
>
> Na Elaboração de Planos Diretores e outros instrumentos de planejamento urbano deverão ser indicadas: I - a posição dos lençóis de águas subterrâneas vulneráveis; II - as áreas reservadas para o tratamento e o

> destino das águas residuais e dos resíduos sólidos, quando couber (LEI ESTADUAL 11.520 de 03/08/2000 - ART. 136).

Assim como a responsabilidade do Estado, o Código prevê, através do artigo 133 em parágrafo único e do artigo 134 parágrafo 4, que toda a pessoa jurídica pública ou privada, ou física, tem obrigações ao perfurar um poço de cadastra-lo junto aos órgãos competentes, assim como os responsáveis devem tapar adequadamente as perfurações e, em caso de não identificados estes, os proprietários dos terrenos onde estiverem localizados deverão faze-lo.

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) também dispõem de regulamentos visando a proteção dos mananciais hídricos, e tem legislação específica sobre a instalação de cemitérios, pontos potenciais à contaminação.

> O nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias (RESOLUÇÃO N° 368 DE 28 DE MARÇO DE 2006, ART. 5, INCISO I).

Com o intuito de manter a qualidade d'água subterrânea, e manter os poços protegidos da poluição, a SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente) normatizou a outorga de poços, através do decreto n° 42.047/2002, Art. 30, o qual exige a presença de selo sanitário em concreto junto à "boca do poço", a instalação de tubo guia com diâmetro de 2 polegadas em plástico PVC para medições do nível d'água e a instalação de hidrômetro para aferição da vazão e do consumo diário ou mensal, de acordo com a vazão e o consumo. Esse decreto exige também o cercamento de uma área, com raio de dez metros a contar da "boca do poço" como Perímetro imediato de Proteção Sanitária.

Com o Decreto 50.524/2005, que trata da publicação dos parâmetros de qualidade da água oferecida à população pelas companhias de abastecimento e distribuição, estas passaram a emitir em suas contas características da qualidade d'água que a população está consumindo. Dentre eles estão a turbidez, cor, fluoretos, coliformes e cloro residual. Esse decreto permitiu que o consumidor tivesse ciência da qualidade d'água consumida e da variação de sua qualidade.

3. METODOLOGIA

3.1 Procedimentos Metodológicos

No presente trabalho, para avaliar-se as condições ambientais presentes na área em estudo e com o intuito de atingir os objetivos propostos, foi utilizado o método indutivo, ou seja, partiu-se do particular para o geral. Assim, o trabalho baseou-se em dados pontuais pré-existentes para avaliação da vulnerabilidade natural dos recursos hídricos subterrâneos, obtidos na página do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS) e de dados coletados em campo. Esses dados pontuais serviram de base para uma indução universal da área em estudo e para um prognóstico sobre as atuais condições ambientais e possíveis usos das águas subterrâneas bem como, avaliar-se as disposições de efluentes no solo/subsolo.

A partir dos resultados, foram identificadas áreas no município de Itaara - RS, potencialmente sujeitas à contaminação pontual ou difusa, espacializadas em cartogramas com o uso de geotecnologias.

3.2 Procedimentos Técnicos

Os procedimentos utilizados, num primeiro momento, foram a busca de referenciais teórico-metodológicos, como a consulta de bibliografias pré-existentes através de livros, revistas e artigos, pertinentes à temática em questão, além de visitas junto à CORSAN (Companhia Rio-grandense de Saneamento) e à Prefeitura Municipal de Itaara, setor de Vigilância Ambiental.

A pesquisa foi realizada a partir de dados primários e de dados pré-existentes disponíveis via *on-line* (http://www.siagas.cprm.gov.br) pelo SIAGAS/CPRM (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais). Informa-se que em seu cadastro, o SIAGAS/CPRM utiliza 10 dígitos como código identificador (o ID do poço), sendo para o Estado do Rio Grande do Sul esse código iniciado com o número 43.

Para a montagem do mapa de localização, foram utilizados os perímetros urbano e de delimitação municipal, juntamente com a grade das coordenadas UTM,

cedidos pela Prefeitura de Itaara em formato compatível com o programa *Corel Draw 12*, onde foi acoplado ao mapa do Estado do Rio Grande do Sul, elaborado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

O passo seguinte foi á realização das pesquisas de campo através de um levantamento cadastral dos poços tubulares e/ou escavados, conforme previsto no Art. 134 do Código Estadual do Meio Ambiente, utilizando-se para isso o receptor *GPS* (*Global Position System*). Também foram identificadas atividades potencialmente contaminantes das águas subterrâneas na área em estudo, como cemitérios, postos de combustíveis, matadouro de animais entre outros.

A partir destas fontes, foram coletadas informações necessárias para a montagem de um Banco de Dados georreferenciado, tais como: identificação do poço, proprietário, cota altimétrica, coordenadas UTM, profundidade, localidade, situação de uso, tipo de aqüífero, formação geológica, tipo de poço e nível estático dos poços, os quais foram organizados e tabulados numa planilha do aplicativo Microsoft Excel 2000. Após, esse banco de dados foi integrado aos poços espacializados no mapa base do município de Itaara, com a utilização do programa computacional *ArcMap* do *ArcGIS 9.0.*

Para a extração das informações como limite municipal, estradas, rede de drenagem, limite urbano e via férrea, sobrepostas nos cartogramas, foram utilizadas cartas topográficas da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército), Folha de Santa Maria (SH 22 V-C-IV-1), de Camobi (SH 22 V-C-IV-2) e de Val de Serra (SH 22 V-C-IV-3), ambas na escala 1:50.000. As cartas topográficas foram transferidas do modo analógico para digital *raster,* via *scanner*. Em meio digital montou-se o mosaico das mesmas, com o programa *Adobe Photoshop*. No programa *ArcMap,* do *ArcGis 9.0*, realizou-se o registro da imagem para posteriormente fazer a digitalização, e após, lançar as coordenadas referentes aos poços.

Para a avaliação da vulnerabilidade natural foram utilizados 21 poços, os quais possibilitaram obter-se todos os dados necessários para a aplicação do método ***GOD***, desenvolvido por Foster; Hirata e adaptado por Foster et al. (2003). Foram usados, para isso, dados pré-existentes e dados obtidos em campo com o uso do freatímetro sonoro *Jacirí*, o qual possibilita medir o nível freático até 100 m de profundidade. Para cada parâmetro foi atribuída uma nota, conforme a figura 3, e após, estes valores foram multiplicados pelos parâmetros ***G*** x ***O*** x ***D*** para a obtenção do índice de vulnerabilidade de cada poço.

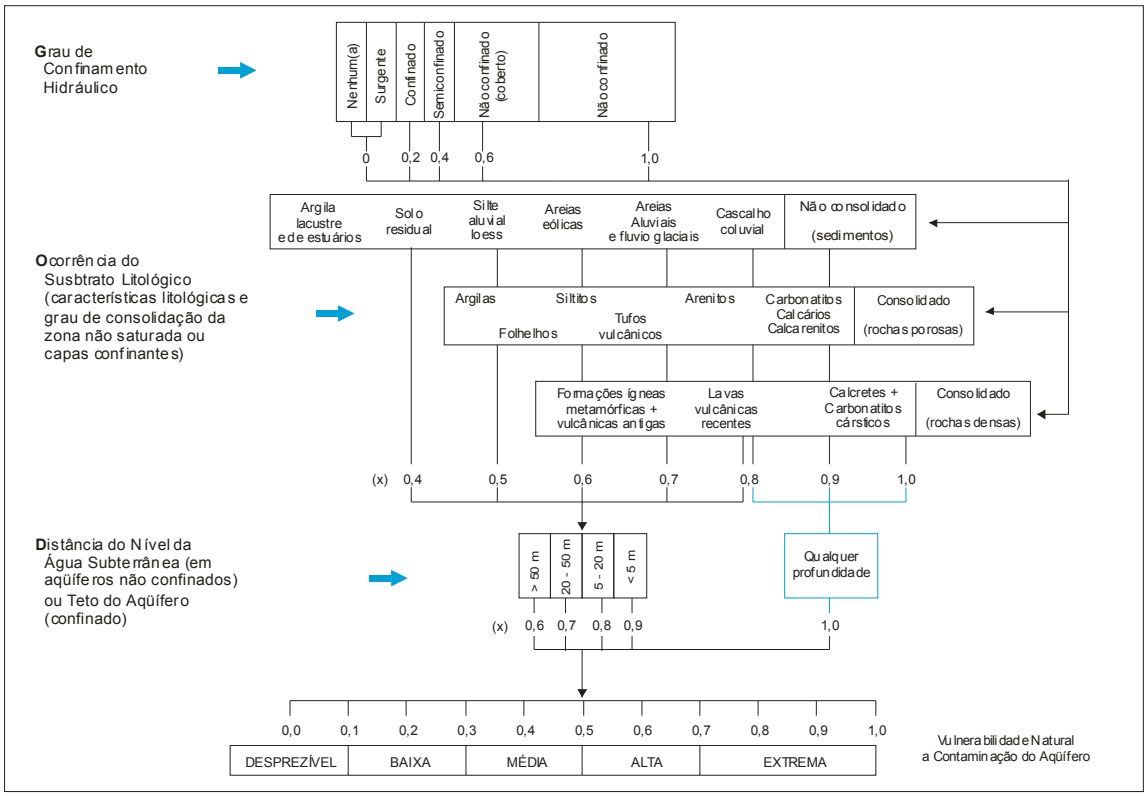

Figura 3 - Esquema representativo do Método "*GOD*" para avaliação da vulnerabilidade à contaminação de aqüíferos.
Fonte: Foster *et al.* (2003).

O cartograma da superfície potenciométrica, o qual possibilita inferir-se a provável direção do fluxo subterrâneo da água, foi obtido através da diferença entre a cota altimétrica do terreno na boca do poço, e o nível estático do mesmo, ou seja, o nível d'água em estado de repouso. A cota altimétrica do terreno foi obtida através de dados pré-existentes SIAGAS/CPRM, ou pela interpolação das curvas de nível e as coordenadas do poço. Já o nível estático foi obtido através de dados pré-existentes SIAGAS/CPRM ou em medições de campo. Essa relação possibilita uma estimativa da altura da coluna d'água em relação ao *datum* vertical, nível do mar no porto de Imbituba (Santa Catarina), uma vez que foi utilizado o datum horizontal SAD 69 (South American Datum, 1969).

Os resultados da vulnerabilidade natural, assim como da superfície potenciométrica, foram espacializados através de cartogramas do aplicativo computacional *Surfer 8.0*. Como método de interpolação matemática, foi utilizado a "*Krigagem*" e, para o caso específico da representação do nível estático, o modelo

utilizado foi *Inverso do quadrado da distância,* escolhidos após serem testados os 4 métodos de interpolação tidos como principais por Silva (2003). Nos cartogramas foram sobrepostas as seguintes informações: rodovia BR 158, via férrea e o perímetro urbano, obtidos das cartas topográficas do exército com a utilização do programa *ArcGIS 9.0*. Neste também foram sobrepostas as fontes potenciais de contaminação, obtidas em trabalho de campo com a utilização do *GPS Garmin 12 XLX*.

Para a realização da avaliação da qualidade natural da água, foram analisadas informações disponíveis pelo SIAGAS/CPRM, Prefeitura Municipal, CORSAN e 3 amostras coletadas em campo de poços ativos, nos quais foi possível coletar-se água direto da "boca do poço", ou seja, antes de sofrerem o tratamento químico (cloro e/ou flúor). Foram coletas amostras no poço da Vila Etelvina (ID SIAGAS 4300008462) de propriedade da CORSAN, no poço da Associação Comunitária da Vila Serrana (ID 4300008469) e no poço da residência de Pedro Stock (sem registro no SIAGAS), também na Vila Serrana. Para obter-se as informações em campo, referentes ao Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade Elétrica (CE) e através desta, a estimativa dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD), foi utilizado o condutivímetro *Hanna HI 93.000* e para obtenção do pH foi utilizado o phgâmetro *Horiba D-55*, *e* água deionizada para a lavagem dos equipamentos.

Devido à Condutividade Elétrica aumentar com a temperatura, usou-se 25°C de temperatura padrão. Como o condutivímetro utilizado não faz a correção automaticamente, a mesma foi realizada pela tabela de correção, conforme Feitosa; Manoel Filho (1997). Para obter-se a estimativa de STD, multiplicou-se a CE por 0,65, fator esse que vêm sendo usado pelo Laboratório de Hidrogeologia desde 2000 (nota do orientador). Os resultados físico-químicos obtidos foram comparados com os padrões de potabilidade da água para o consumo humano, conforme a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

A última etapa consistiu na integração das informações armazenadas no Banco de Dados obtidas em pesquisa de campo e em laboratório, ou seja, a etapa de análise de resultados e discussões das informações e posterior considerações finais. Para a redação da pesquisa utilizou-se o editor de textos *Microsoft Word*. Durante as pesquisas em campo, foram obtidas imagens com o uso de câmera fotográfica digital para ilustrar a situação atual de alguns poços.

5. RESULTADOS

5.1 Levantamento cadastral e situação atual

Durante as várias fases da pesquisa, montou-se o cadastro dos poços baseando-se em dados pré-existentes, tendo como fonte o SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas), disponível via on-line na página www.siagas.cprm.gov.br, juntamente com estudos complementares. Esses se fizeram necessários, uma vez que muitos poços não possuem os dados completos. Foi verificada também, a existência de 12 ainda pertencentes ao cadastro de poços do município de Santa Maria. São os que possuem o número de identificação (ID) 4300000771 a 4300000783 e 4300000795 e 4300000796 (ver anexo 1).

Na área em estudo, constatou-se um total de 35 poços tubulares cadastrados no SIAGAS/CPRM. Nos trabalhos em campo, realizados ente os dias 22 e 29 de janeiro e 8 de fevereiro de 2007, foram catalogados 17 poços entre tubulares e escavados sendo, quando possível, medido o nível d'água com o uso do freatímetro *Jaciri* (Ver anexo 1). Durante a realização dos trabalhos de campo, observou-se que muitos poços tubulares não foram executados seguindo as normas técnicas da ABNT 12212 e 12244.

É importante ressaltar que existe um número maior de poços em relação ao que foi trabalhado na pesquisa, porém, em função da disponibilidade de tempo e financeira, optou-se por apresentar apenas estes, os quais podem ser conferidos no Anexo 1, com suas respectivas informações. Esses, foram dispostos num Banco de Dados Georreferenciado (ver figura 4), com a utilização do programa *ArcMap* do *ArcGIS 9.0*, o qual espacializou os poços sobre o mapa base, mantendo uma tabela acoplada com suas respectivas informações. Esse Banco de Dados cadastral será repassado a Prefeitura Municipal de Itaara e integrado ao Cadastro de fontes realizado pela Vigilância Ambiental, possibilitando a mesma a atender ao parágrafo 5° do Artigo 134 do Código Estadual do Meio Ambiente, que trata sobre a necessidade das prefeituras disporem de um cadastro próprio de poços profundos e de poços rasos perfurados sob sua responsabilidade ou interveniência direta ou indireta.

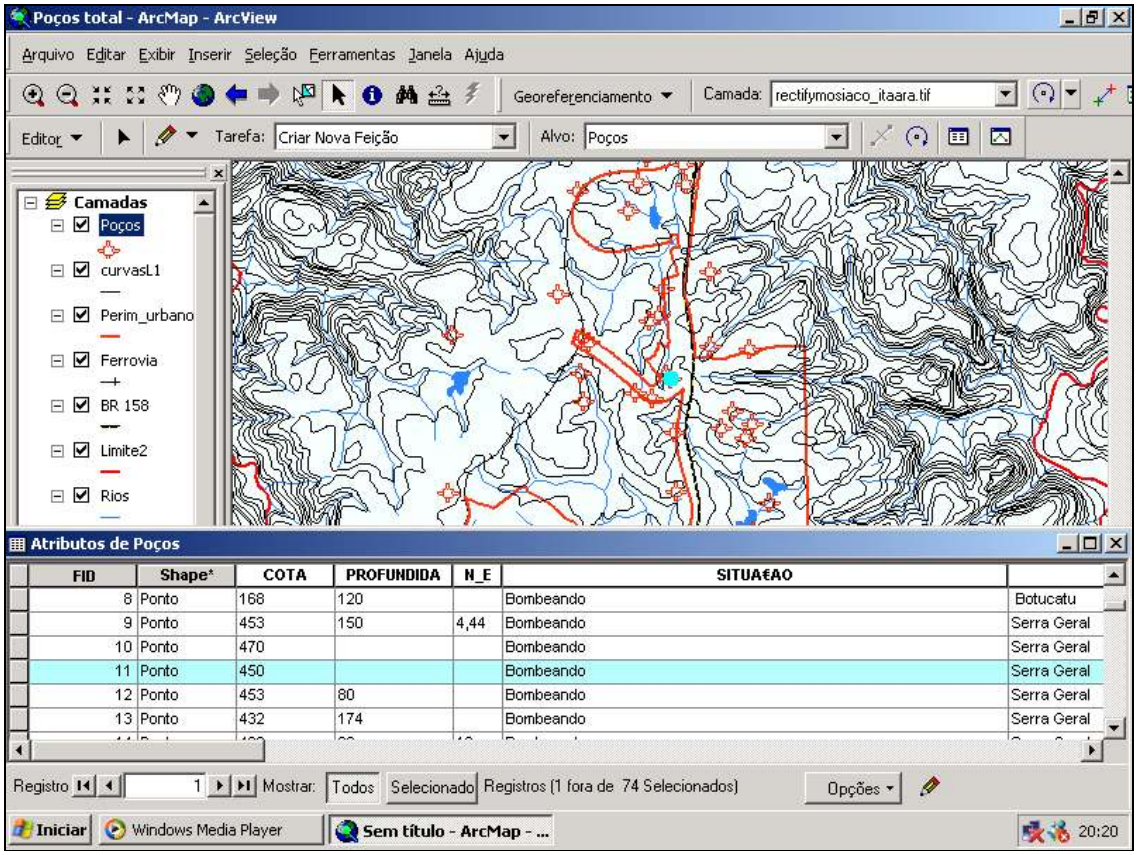

Figura 4 - Banco de Dados montado no programa *ArcMap.*
Elaboração: MARION, F. A.

O Banco de Dados possibilita, através da tabela acoplada, obter-se as informações dispostas referentes ao poço, clicando no local desejado com a ferramenta "*identificar*". Possibilita também, selecionar a linha da tabela que contém a informação desejada e o poço referente aparecerá em cor de destaque no mapa base. Isso facilita a visualização do dado e ao mesmo tempo, responde onde aquele determinado fenômeno está ocorrendo e as informações a ele atribuídas, sendo de fácil atualização.

Quanto à localização, observou-se que os poços encontram-se principalmente junto ao eixo central do município, no sentido norte-sul, ao longo da BR 158, onde se localiza a área urbana e o maior adensamento populacional, assim como, a concentração das atividades potencialmente poluidoras, sendo a maioria dos poços de propriedade particular.

Analisando-se o banco de dados em relação à profundidade dos poços tubulares, constatou-se que a profundidade dos mesmos varia de 30 a 226 m, tendo uma média de 118 m, embora muitos se encontram atualmente secos ou

desativados devido à baixa vazão ou ainda, a baixa qualidade da água, ocasionada pela elevada turbidez. Os principais usos da água subterrânea são para a dessedentação humana e animal, lazer (piscinas), irrigação e lavagem entre outros.

Na área urbana, a distribuição d'água tratada é realizada pela CORSAN (Companhia Rio-grandense de Saneamento). Segundo Roberto Bolzon[3], o lago da SOCEPE é responsável pela maioria do abastecimento d'água na área urbana, sendo responsável por um volume médio de 31.800 m³/mês, enquanto apenas 3.600 m³/mês são provenientes de poços tubulares. Isso se deve a pequena vazão e a baixa qualidade da água de alguns poços tubulares de Itaara. Como o município situa-se junto ao Rebordo do Planalto, ocorre neste local, um grande desnível altimétrico em direção à Depressão Central, resultando num possível fluxo do nível freático em direção a essa área, como constatado no cartograma da superfície potenciométrica. Por isso é mais vantajoso para a CORSAN utilizar água superficial, o que se torna, do ponto de vista conservacionista correto, deixando a água subterrânea como uma reserva para o futuro.

Devido a inúmeros fatores, o abastecimento d'água em Itaara torna-se oneroso, principalmente pela baixa densidade populacional, ocasionada pela estrutura urbana dispersa e pela longa distância entre os núcleos populacionais, aliada à baixa vazão dos poços e a sazonalidade da população, que por ser maior no verão, requer grandes demandas d'água devido ao aumento do consumo nos balneários e as casas de veraneio. Pela proximidade e pelo clima mais ameno, o município atrai um grande número de pessoas no verão, principalmente de Santa Maria, distante cerca de 15 Km do centro desta.

Atualmente, o abastecimento d'água está disposto por setores, devido à estrutura urbana dispersa e muito extensa. Assim, na Vila Etelvina (ver figura 5, poço 430008462), Rincão do Canto (430008461), Vila Serrana (430008469) e Parque Serrano (430008458), o abastecimento é atualmente realizado por águas subterrâneas, enquanto o restante do município é abastecido por águas superficiais oriundas do lago da SOCEPE, tratada e distribuída pela CORSAN. O abastecimento de água da Vila Serrana (poço 430008469) é realizado por conta de uma Associação Comunitária e atende atualmente a 33 famílias, no entanto, a mesma já assinou com a CORSAN a transferência do abastecimento e da distribuição da água.

[3] Engenheiro Civil do Departamento de Operação e Manutenção da CORSAN de Santa Maria. Entrevista realizada dia 22 de janeiro de 2007.

Figura 5 - Situação dos poços utilizados no abastecimento urbano de Itaara/RS.
Fonte: Trabalho de campo, 29 jan 2007.

Na figura 5, ilustrou-se a situação atual de alguns poços tubulares na zona urbana. O poço da CORSAN localizado no Parque Serrano (4300008458), em cota altimétrica 483 m, é o que possui a melhor vazão e qualidade d'água. Este apresenta-se aparentemente dentro das normas de outorga de poços da SEMA, com hidrômetro para aferição da vazão do consumo diário ou mensal.

Por outro lado, o poço localizado na Escola Tiradentes, que pertencia à associação comunitária da Vila Serrana (430008469) e está em processo de transição para a CORSAN, encontra-se sem proteção superior, podendo inclusive penetrar pequenos animais ou resíduos da superfície. O reservatório instalado no local tem capacidade para 15.000 litros e a área próxima encontra-se cercada com acesso por um portão protegido por cadeado para evitar a entrada de pessoas não autorizadas. Este poço tem 65 m e o nível d'água obtido através do medidor *Jaciri* em situação de bombeamento foi de 12,67 m.

No que se refere ao perfil dos poços, ao analisar os 4 perfis dispostos na página do SIAGAS/CPRM, ver figura 6, percebesse que predomina como substrato litológico rochas vulcânicas pertencentes a Formação Serra Geral, encontrando-se intercalado, entre os derrames vulcânicos, arenitos eólicos da Formação Botucatu pertencentes ao SAG. Na figura 6, foram também sobrepostos os poços disponíveis na página do SIAGAS/CPRM, os poços cadastrados nos trabalhos de campo e os poços tubulares cadastrados pela Vigilância Ambiental de Itaara.

O perfil do poço 4300008462, que era responsável pelo abastecimento de toda a Vila Etelvina, possui uma camada de solo argiloso até 3,6 m e após, até a profundidade final de 150 m, rochas vulcânicas pertencentes à Formação Serra Geral. O poço 4300008468 apresenta rochas vulcânicas intemperizadas e decompostas até a profundidade de 4,6 m, rocha do tipo basalto até a profundidade

de 76,7 m ocorrendo após, camadas intercalas de arenito médio intertrápico pertencentes à Formação Botucatu e, a partir dos 127 m, camadas de arenito fino e muito fino pertencente à Formação Rosário do Sul.

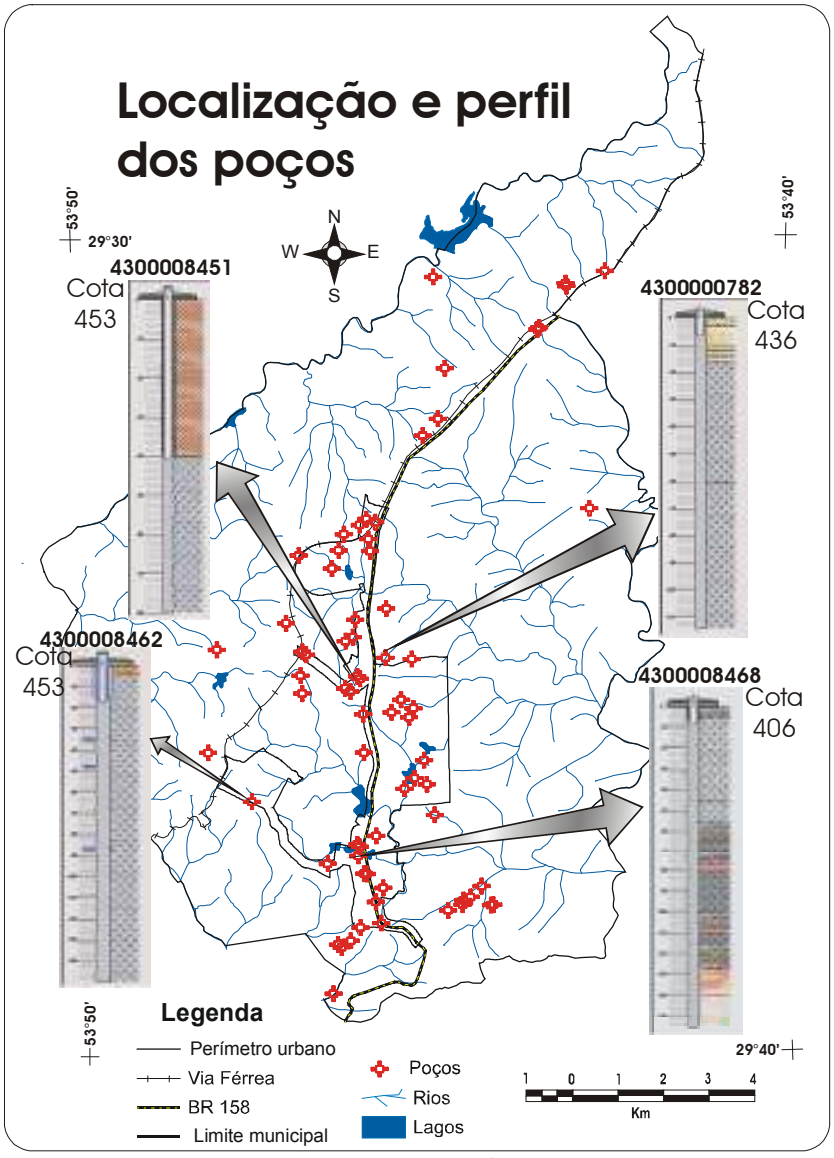

Figura 6 - Localização dos poços de Itaara/RS.
Fonte: SIAGAS/CPRM, Vigilância Ambiental de Itaara e trabalhos de campo.

Já o poço 4300000782 apresenta, após uma camada de 2,7 m de solo, camadas de arenito fino e de arenito fino intercalado com folhelho até a profundidade de 15,7 m pertencentes provavelmente à Formação Tupanciretã, vindo em seguida a Formação Serra Geral. O poço 4300008451 tem em seu perfil, até os 40 m, argila provavelmente pertencente à Formação Tupanciretã, encontrando-se

até esta profundidade, encamisado por tubo que evita possíveis desabamentos. Após, ocorrem rochas vulcânicas pertencentes à Formação Serra Geral, até os 80 m de profundidade. O substrato litológico é um dos principais fatores na fragilidade de um aqüífero ser contaminado ou não, juntamente com outros fatores tais como a porosidade, a permeabilidade (aqüíferos porosos e em aqüíferos cristalinos fissurais) e a interconexão entre as fraturas (SILVÉRIO DA SILVA *et al.* 2004).

Durante a realização dos trabalhos de campo, observou-se também a existência de poços escavados de grande diâmetro, como no Cerro dos Minello. Estes são construídos em alvenaria, tijolos e com tampa em concreto ou zinco, geralmente em áreas nas quais o lençol freático encontra-se muito próximo da superfície (ver figura 7 junto ao poço, encontra-se o freatímetro *Jaciri*, utilizado para obter o nível estático d'água). Não foi coletada água destes poços, mas observou-se superficialmente a cor d'água e a turbidez, parecendo elevadas. A Vigilância Ambiental está realizando um cadastro e avaliação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos através do LACEN (Laboratório Central do Estado).

Figura 7 - Poço escavado no Cerro dos Minello.
Fonte: Trabalho de campo, 8 de fevereiro de 2007.

Outros poços escavados avaliados localizam-se no Matadouro Municipal, onde a água subterrânea é utilizada para as operações de lavagem de animais abatidos. Este Matadouro encontra-se em fase de licenciamento ambiental por parte da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente). Ainda observou-se que está em realização a perfuração de um poço tubular pela Empresa Bissacotti Perfurações, aparentemente sem o conhecimento da prefeitura Municipal de Itaara.

5.2 Vulnerabilidade natural

Dos 52 poços cadastrados (ver anexo 1), foram simulados em cartogramas 21 destes, dos quais foi possível obter todos os dados para a aplicação do método ***GOD***. O nível estático dos poços (nível d'água no poço em situação de repouso), é o dado mais difícil de se obter, uma vez que muitos encontram-se lacrados sem tubo guia para a introduzir a sonda.

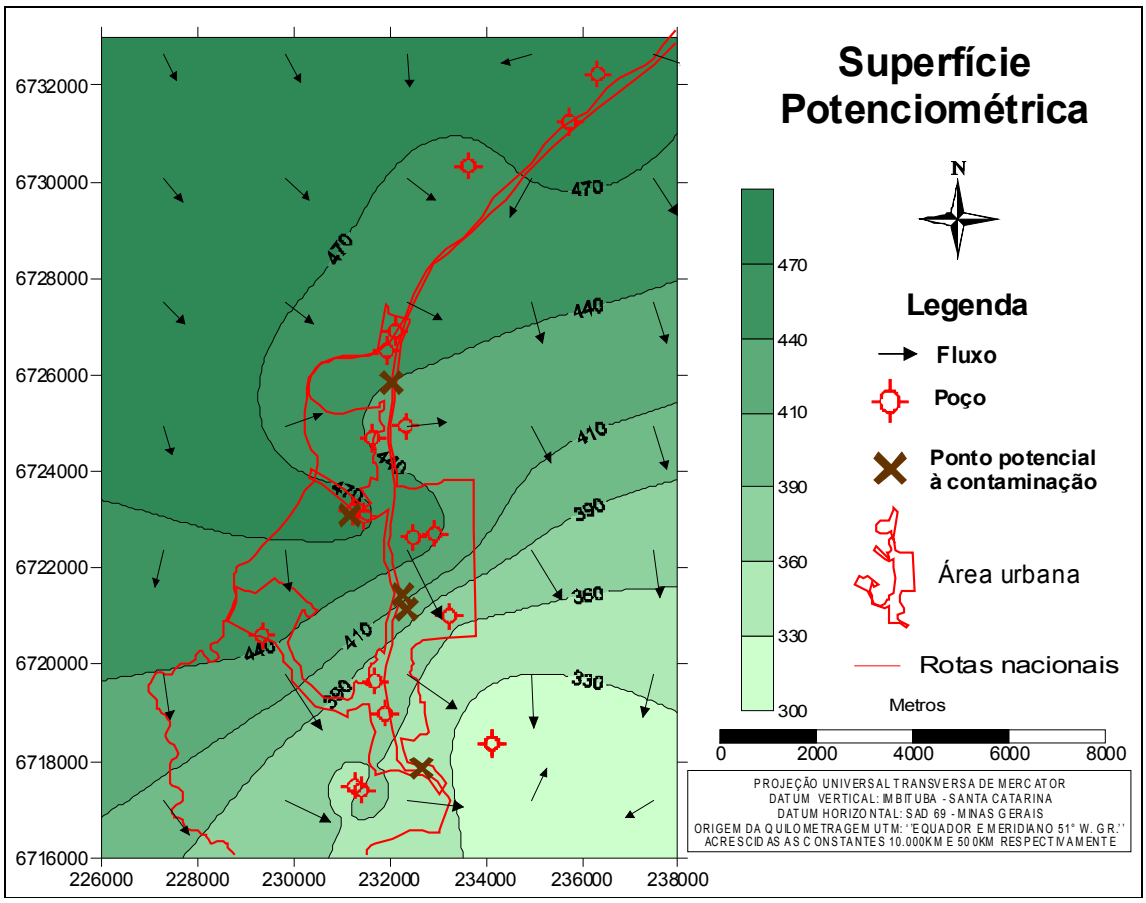

Figura 8 - Cartograma da Superfície Potenciométrica para a área de Itaara/RS. Elaboração: MARION. F. A., 2007.

A superfície potenciométrica (ilustrada na figura 8), a qual possibilita inferir a cota do nível freático, variou entre 492 a 304 m, indicando um desnível do lençol freático de 188 m. Esse desnível representa o fluxo subterrâneo predominante num sentido de noroeste para sudeste da área em estudo, em direção a área topograficamente mais baixa, a Depressão Periférica. Provavelmente devido a esse forte desnível, a vazão dos poços acaba sendo baixa, principalmente nas áreas

próximas ao Rebordo do Planalto. Nota-se esse desnível de forma mais acentuada pela proximidade das curvas de nível (30 em 30 m) na área central do perímetro urbano, próximo aos cemitérios, pontos potenciais á contaminação representados por 2 “X” nos cartogramas.

O cartograma da superfície potenciométrica, pode ser utilizado no planejamento municipal para inferir-se uma possível dispersão dos contaminantes caso ela ocorra. Cabe ressaltar que o nível estático profundo na área central, acima de 20 m, dificulta essa possível dispersão de poluentes.

Com relação à vulnerabilidade natural (ver figura 9), foram encontrados 4 poços com o índice de vulnerabilidade desprezível, 14 com baixa e 3 com vulnerabilidade extrema. As áreas de extrema vulnerabilidade localizam-se principalmente junto ao Rebordo do Planalto, onde ocorre o afloramento da Formação Botucatu, no Cerro e Rincão dos Minello. Essa Formação possui alta permeabilidade, o que facilita a infiltração, tornando a área vulnerável a possíveis contaminantes. Outro fator que contribui para aumentar ainda mais a vulnerabilidade, é que nas áreas de afloramento do SAG (Rebordo do Planalto), o lençol freático apresenta-se muito próximo da superfície. È aonde se observa o escorrimento d’água em muitos barrancos, ocorrendo a descarga do Sistema Aqüífero Guarani.

As áreas onde foram encontrados poços com índices de vulnerabilidade desprezível e baixa correspondem aos poços perfurados sob rochas vulcânicas, pertencentes à Formação Serra Geral. Nota-se que a área urbana e as áreas de produção agrícola (metade norte), encontram-se preferencialmente locadas nas classes desprezível e baixa, assim como os pontos potenciais à contaminação representados por um “X” nos cartogramas, com exceção do posto de gasolina, que localiza-se numa área de média vulnerabilidade, ao sul da área urbana.

As Barragens Saturnino de Brito e Val de Serra, que não estão locadas, encontram-se também em área de vulnerabilidade desprezível, a oeste dos cartogramas. Outro fator que colabora para não haver riscos eminentes de poluição no município é que este possui poucas indústrias, como a de sacos plásticos com baixo potencial poluidor, além de não possuir aterro sanitário, uma vez que o lixo recolhido em Itaara é depositado no município vizinho de Santa Maria.

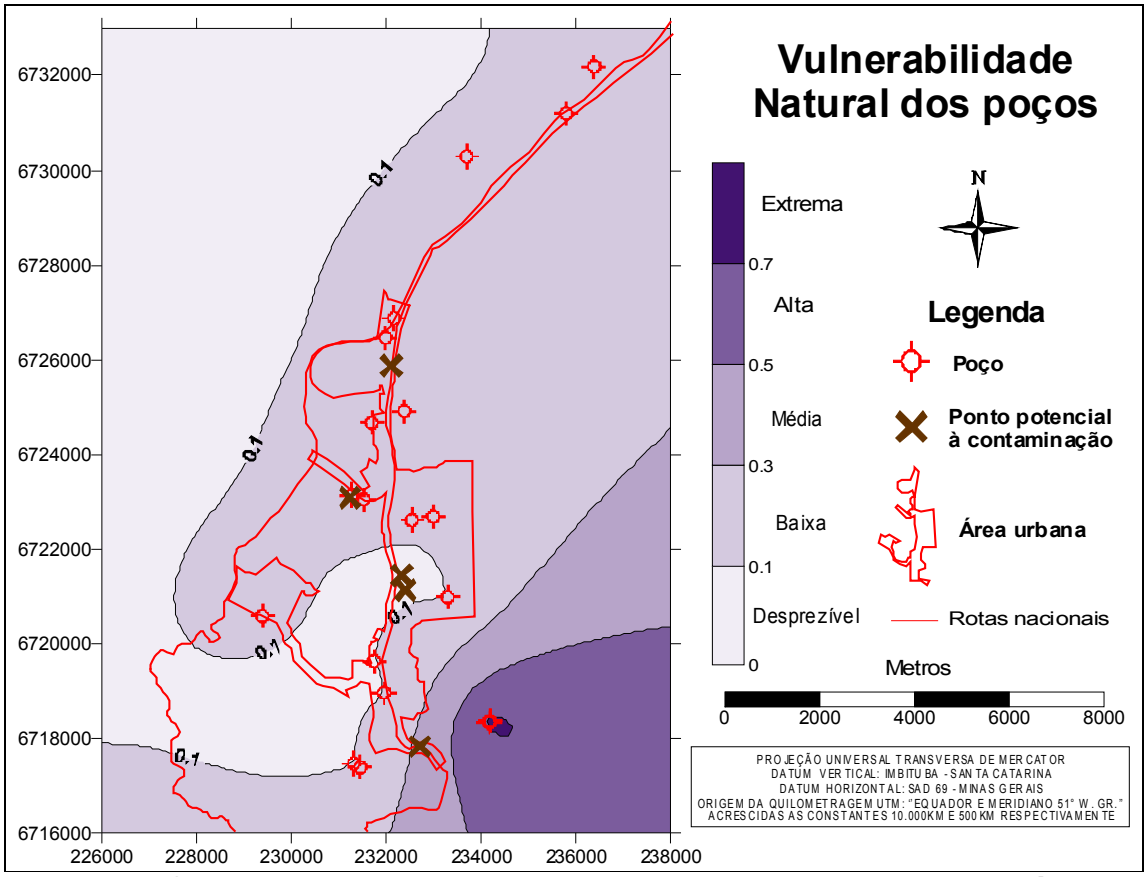

Figura 9 - Cartograma da Vulnerabilidade Natural dos poços para a área de Itaara/RS.
Elaboração: MARION. F. A., 2007.

Em estudo anterior realizado nas áreas de afloramento do SAG no Rio Grande do Sul, Berro (2005), também constatou que as áreas com índices de vulnerabilidade menores coincidem com as localizadas no Planalto Meridional Brasileiro, onde a Formação Serra Geral é predominante. A Formação Serra Geral, impermeabiliza a área deixando-a menos vulnerável a contaminantes. Segundo Silvério da Silva *et al.* (2004), sua constituição é quase totalmente basáltica e forma um aqüífero fissural, com menos de 1% de porosidade primária, podendo apresentar porosidade secundária, se ocorrer níveis com solos residuais, (argilosos-siltosos), níveis de brecha de falha ou ainda tufitos. Entretanto, vale a pena lembrar que rochas vulcânicas podem apresentar falhas geológicas, por onde podem infiltrar possíveis contaminantes, desde que estejam interconectadas.

Também deve ser mencionada, a ocorrência de níveis argilosos no poço 4300008451 e nos poços escavados no Cerro dos Minello, em rochas arenosas, mostrando que não há uma superfície homogênea. Localmente, existem rochas de

porosidade e permeabilidade distintas ou ainda, aqüíferos porosos e aqüíferos fissurais com características hidráulicas e com diferentes riscos de serem contaminados.

Com relação ao nível estático (ver figura 10), obtido através de dados pré-existentes SIAGAS/CPRM e de pesquisas de campo, pela mensuração do nível d'água em situação de repouso com o uso do freatímetro *Jaciri*, o mesmo variou entre 0,9 a 43 m, com uma média de 11,6 m. Foram encontrados 4 poços com o nível estático menor que 3 m, indicando a proximidade do lençol freático, devendo haver nos locais onde o mesmo encontra-se próximo da superfície, algumas restrições quanto aos usos do solo.

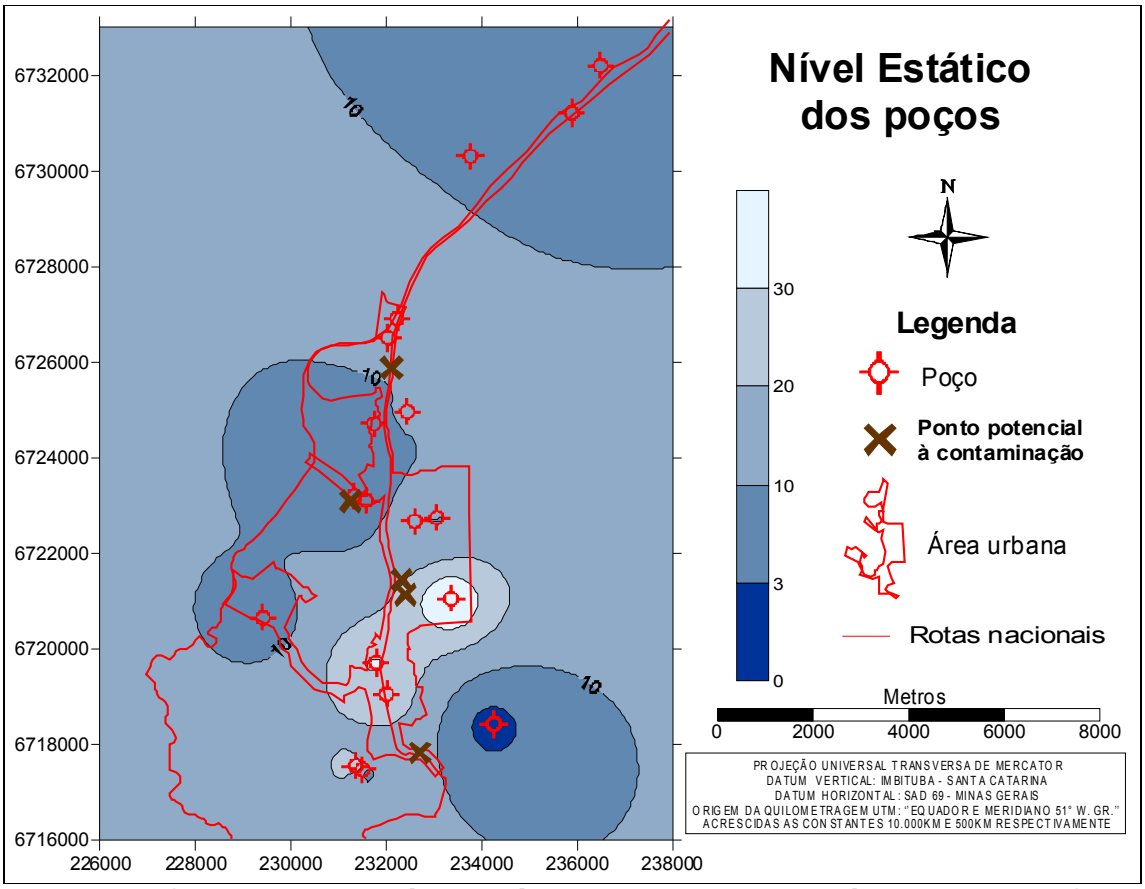

Figura 10 - Cartograma do Nível Estático dos poços para a área de Itaara/RS. Elaboração: MARION. F. A., 2007.

Segundo a Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n° 368 de 28 de março de 2006, artigo 5, na construção de cemitérios, o nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio do

mais alto nível do lençol freático. Supondo-se que uma sepultura tenha 1 metro e meio de profundidade, as áreas indicadas no cartograma abaixo de 3 metros, são inadequadas para a locação de um cemitério. Futuros locais para a construção dos mesmos, deverão utilizar a relação do nível freático para obterem o licenciamento ambiental.

Observando o cartograma do nível estático, os 3 cemitérios da área urbana e os demais pontos potenciais à contaminação, no caso o Posto de Gasolina e o Matadouro Municipal, indicados por um "X" nos cartogramas, encontram-se fora dessa faixa de restrição. No cartograma, predomina o nível estático entre 10 a 20m.

Para a representação do nível estático, foi utilizado o método de interpolação matemática *Inverso do Quadrado da Distância*, uma vez que o cartograma gerado com esse método, aproximou-se mais do comportamento do nível estático observado em campo do que o método da *Krigagem,* utilizado nos cartogramas da vulnerabilidade e da superfície potenciométrica. Essa diferença ocorre devido ao método *Inverso do Quadrado da Distância*, ponderar os dados pontuais durante a interpolação de tal forma que a influência de um determinado dado pontual em relação ao outro, diminui com a distância, formando círculos concêntricos denominados "olhos de touro", ao contrário da krigagem que é uma técnica de regressão e visa produzir uma superfície contínua a partir de alguns pontos durante a interpolação (SILVA, 2003).

Em cada um dos casos, a vulnerabilidade de aqüíferos poderá ser utilizada como suporte para priorizar a ação do órgão gestor, no caso, o Plano Diretor de Itaara, a delimitar áreas para aquelas atividades que ofereçam maior perigo de contaminação. A partir dessas áreas, poderão ser restringidas ou permitidas a instalação de atividades segundo a sua vulnerabilidade e o tipo da atividade, respeitando o Código Estadual do Meio Ambiente, o qual prevê que a vulnerabilidade dos lençóis subterrâneos será prioritariamente considerada na escolha da melhor alternativa de localização de empreendimentos de qualquer natureza potencialmente poluidores das águas subterrâneas (LEI ESTADUAL 11.520 de 03/08/2000 - ART. 134, § 2°). Conforme tabela abaixo, podem ser indicadas algumas restrições para certas atividades conforme a vulnerabilidade encontrada na área.

Assim, as áreas indicadas no cartograma com vulnerabilidade extrema não são adequadas para nenhuma das atividades abaixo relacionadas, enquanto que

para as classes de vulnerabilidade Alta, Média e Baixa do cartograma de vulnerabilidade (figura 9) deve-se fazer estudos aprofundados quando da realização de um desses usos.

Tabela 1 - Atividades e restrições, segundo critérios de vulnerabilidade.

Atividades potencialmente contaminantes		Vulnerabilidade natural		
		Alta	**Média**	**Baixa**
Posto de gasolina		PA	A	A
Disposição de resíduos sólidos	Doméstico municipal	PN	PA	A
	Resíduos perigosos	N	N	PA
	Industrial (classe I - perigoso)	PN	PA	A
	Industrial (classe II-inerte e III não-inerte)	N	N	PA
	Cemitérios	PA	A	A
Industria - Classe I		PA	A	A
Industria - Classe II e III		PN/N	PA/N	PA/PN
Uso de pesticidas		PN	N	A
Armanezamento de pesticidas		PN	PA	A

N - não aceitável em virtualmente todos os casos
PN - provavelmente não aceitável, exceto em alguns casos com estudos detalhados e projetos especiais.
PA - provavelmente aceitável, sujeito a estudo, e projetos especiais.
A - aceitável com projetos especiais
Fonte: Hirata, 2001. Adaptado por: Marion, 2007.

5.3 Análise dos parâmetros físico-químicos d'água

As análises realizadas baseiam-se na qualidade natural d'água subterrânea, lembrando-se que os mesmos parâmetros podem ser corrigidos na filtração e tratamento para o consumo humano.

No cadastro do SIAGAS/CPRM, foram encontrados 18 poços com dados referentes à Condutividade Elétrica (CE), a partir dos quais foi possível obter-se a quantidade de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) pela multiplicação do fator 0,65. Assim, comparou-se com a Portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde (MS), que estipula padrões de qualidade da água para o consumo humano (Ver tabela 1).

Referente a estes parâmetros avaliados, todos os poços estão dentro das normas estabelecidas pela Portaria, uma vez que o valor máximo encontrado foi de 202 mg/L, e esta considera até 1.000 mg/L como VMP (Valor Máximo Permitido) para consumo humano, em relação ao teor de sais dissolvidos. Como todos os resultados referentes a STD foram abaixo de 500 mg/L, segundo a Resolução

357/2005 do CONAMA, a água é também considerada como doce, apresentando, portanto, uma baixa concentração em minerais e/ou sais.

TABELA 2 - Variação da CE e STD dos 18 poços dispostos no cadastro do SIAGAS/CPRM

PARÂMETRO	Mínimo	Média	Máximo	VMP*
CE (µS/m)	86	146	310	-
STD(mg/L)	56	95	202	1.000

*Valor Máximo Permitido. Portaria MS 518/2004
Fonte: SIAGAS/CPRM, 2001.

No restante dos parâmetros dispostos pelo SIAGAS, 2 poços possuem valores referentes a Turbidez, característica que representa a presença de partículas na água, conferindo-lhe um aspecto turvo, e 1 poço possui valor referente a cor aparente. O poço da Vila Etelvina (ID SIAGAS 4300008462), apresenta valores de Turbidez e cor aparente acima do que é permitido pela Portaria 518 de 2004 (ver tabela 3), chegando à cor aparente ser 10 vezes a cima do permitido. Portanto, sua água no estado natural, é imprópria para o consumo humano. Esse poço, segundo Roberto Bolson, está por ser desativado, uma vez que as obras para levar água da estação de tratamento da CORSAN, para a Vila Etelvina estão em fase de conclusão. O tratamento d'água nesse poço é realizado com adição de Flúor e Cloro na água. Em análises encomendadas pela Prefeitura Municipal de Itaara junto ao LACEN, para avaliar a qualidade natural d'água, também foi constatado alto índice de Turbidez (8,5 UT) para o poço da Vila Etelvina, acima do permitido pela Portaria 518/2004 (5 UT).

TABELA 3 - Parâmetros físico-químicos avaliados

ID SIAGAS	localização	STD (mg/L)	Turbidez (UT)	Cor aparente (µH)	pH	OD (mg/L)
4300008462	Vila Etelvina	108[1]	9,1[3] e 8,5[2]	150[3]	5,85[1]	4,7[1]
4300008463	Vin. V. Amâncio	202[3]	0,5[3]			
4300008469	Esc. Tiradentes	102,7[1]	0,1[2]		5,18[1]	6,6[1]
Ñ tem	Vila Serrana	69,4[1]	0,8[2]		6,67[1]	5,4[1]
Valor Máximo Permitido		**1.000**	**5**	**15**	**6,5 a 9**	**0 a 5**

(1) Resultados obtidos em campo dia 29/01/2007, com o uso do condutivímetro Hanna HI 930000 e do pH/OD *Meter* Horiba D55. (2) Dados LACEN/Vigilância Ambiental Itaara. Data da coleta 13/11/2006. (3) Cadastro SIAGAS/CPRM.
Fonte: SIAGAS/CPRM 2001, trabalho de campo e LACEN/Vig. Ambiental Itaara.
Organização: MARION, F. A., 2007.

A cor aparente elevada pode ser devido à presença de partículas na água (minerais como sílica, sais que podem conter Mn e/ou Fe). Assim, de acordo com o Decreto Federal n° 5.440 de 04 de maio de 2005, as companhias de distribuição de água para o consumo humano deverão apresentar mensalmente os parâmetros: turbidez, pH, cor, cloro residual livre, fluoretos, concentração de coliformes totais e termocondutores na conta d'água paga pelo consumidor.

Com relação às análises realizadas em campo, o pH (potencial Hidrogeniônico) da água, variou entre 5,18 a 6,67. Dois valores do pH estão fora dos limites da Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que recomenda para o sistema de distribuição, que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5. Possivelmente a acidez da água, seja ocasionada pela decomposição de bicarbonatos, responsáveis por elevar o seu pH.

Já o Oxigênio Dissolvido (OD), das 3 amostras avaliadas em campo, 2 tiveram resultados acima do valor normalmente encontrado em águas subterrâneas (0 a 5 mg/L, segundo Feitosa; Manoel Filho, 1997), ficando a faixa de concentração do OD das amostras entre 4,7 a 6,6 mg/L. Esse parâmetro não é estipulado pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Salienta-se que para as águas subterrâneas, baixos valores de OD são favoráveis para evitarem a proliferação de algas, microorganismos patogênicos ou não.

6. SUGESTÕES E CONCLUSÃO

Atualmente a poluição dos recursos hídricos subterrâneos vem se mostrando uma preocupação cada vez maior, tanto pela população quanto pelos órgãos gestores. Entretanto, a sua contaminação e exploração ainda continuam acontecendo em demasia. Estudos como este ajudam a alertar a população e os órgãos competentes quanto à necessidade da conservação dos aqüíferos, sempre lembrando que após contaminados, sua descontaminação torna-se difícil e onerosa e que, mesmo não apresentando vulnerabilidade significativa, um aqüífero, quando exposto a sucessivas cargas contaminantes torna-se vulnerável.

Os resultados obtidos nesta pesquisa são importantes para o planejamento municipal, uma vez que fornecem subsídios para a gestão ambiental no município. As sugestões poderão ser executadas no Plano Diretor Municipal, contribuindo assim, para o planejamento territorial no município em questão e também na manutenção da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos para atuais e futuras gerações. Trabalhos de identificação de áreas vulneráveis a contaminação dos aqüíferos servem de suporte a uma zonificação das atividades, conforme os índices atribuídos ao terreno. Essa zonificação vem a contribuir com o Plano Diretor Municipal, responsável pela delimitação dos usos do solo em cada porção do município.

O município apresentou um ponto positivo no seu abastecimento, uma vez que o mesmo é baseado nas águas superficiais. Os aqüíferos ficam com sua exploração reduzida, tornando-se importantes reservas. Assim, aconselha-se ao Plano Diretor evitar a expansão urbana na área a montante do lago da SOCEPE, bem como, baseado no Estatuto das Cidades, declarar a mesma como área de interesse ambiental para conservar as nascentes e as matas ciliares dos arroios que mantêm “vivas” as fontes do seu abastecimento d’água.

Recomenda-se um estudo mais detalhado para o município e com mais poços cadastrados, para aumentar a área de abrangência dos cartogramas, o que exige muito trabalho de campo e tempo. Sugere-se, também, o monitoramento do poço 4300008468, pois é de fácil acesso e permite que o cabo do freatímetro seja introduzido e retirado com segurança, podendo, através deste monitoramento, constatar se existem flutuações no nível d’água subterrânea.

Para os poços 4300000783 e 4300000796 localizados a jusante do fluxo subterrâneo dos dois cemitérios da área central, apesar da baixa vulnerabilidade da área, sugere-se o monitoramento de nitratos e fosfatos, como forma preventiva, para averiguar se esta ocorrendo à percolação de possíveis contaminantes.

Com relação ao Banco de Dados georreferenciado, o mesmo poderá ser atualizado sistematicamente, pois há muitos poços ainda por cadastrar. A Prefeitura Municipal mostrou-se disposta e interassada pelo trabalho, inclusive fornecendo apoio para a realização dos mesmos. Durante a realização da minha dissertação de mestrado, pretenderei, entre outros estudos para a área, dar continuidade aos trabalhos sobre os recursos hídricos subterrâneos em Itaara.

Com relação às áreas apresentadas com vulnerabilidade extrema e alta, são áreas agrícolas e de lazer e, aparentemente, não existe nenhuma atividade potencialmente contaminante nessas áreas. Entretanto, o uso de agrotóxicos na mesma, pode causar riscos de poluição. Em trabalhos de campo, constatou-se o surgimento da fumicultura em algumas propriedades do interior do município, fomentada por empresas multinacionais. Sabe-se que essa atividade exige uma carga de agrotóxicos muito alta. Recomenda-se principalmente para as áreas de vulnerabilidade extrema e alta, evitar o uso de agrotóxicos ou de culturas que exigem o mesmo. Para isso, deve-se incentivar o cultivo de produtos orgânicos e o turismo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Normas outorga.** Disponível em: <www.abnt.org.br>. Acesso em 20 fev 2007.

BARROS SARTORI, M. da G. **O clima de Santa Maria:** do regional ao urbano. 1979. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade São Paulo, São Paulo, 1979.

BERRO, S. V. **Áreas de afloramento do Sistema Aqüífero Guarani, no Rio Grande do Sul.** 2005. 55f. Trabalho de Graduação (Licenciatura em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

CAMPONOGARA, I. **Vulnerabilidade natural no sistema Aqüífero Guarani e analise de parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas em Quarai, BR e Artigas, UY.** 2006. 125f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - **Resolução Nº 15, de 11 de janeiro de 2001.** Disponível em: <http://www.cnrh-srh.gov.br/deliberal/resoluções/R015.htm>. Acesso em 17 dez. 2005.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Água Subterrânea e Poços Tubulares**; traduzido da primeira edição original norte-americano publicado pela JOHNSON DIVISION, UPO, INC., SAINT PAUL, Minnesota. 3. ed. Ver. São Paulo, CTESB, 1978.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO-AMBIENTE. **Resolução n° 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res36124>. Acesso em 8 fev. 2007.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO-AMBIENTE. **Resolução n° 368, de 28 de março de 2006**. Altera dispositivos da Resolução n° 335, de 3 de abril de 2003. disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res36806>. Acesso em 8 fev. 2007.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Brasil). Resolução n. 15 de 11 de janeiro de 2001. Delega competência a SINGRH e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2001. 3p.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Siagas.** Disponível em: <http://siagas.cprm.gov.br/wellshow/indice>. Acesso em 27 de julho de 2006.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa Hidrogeológico**: folha de Santa Maria. SH 22-V-C-IV. Escala 1:100.000. Porto Alegre, 1995.

CORIDOLA, R. *et al*. Uso das Técnicas de Geoprocessamento na Elaboração de Mapa Preliminar de Vulnerabilidade dos Aqüíferos do Município de Campos de Goytacazes - RJ. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Goiânia: 16-21 abril 2005, INPE, p. 2933-2940.

DE PAULA, I. C. C. **Plano de Desenvolvimento Turístico do Município de Itaara – RS:** princípios, diretrizes, estratégias e roteiros. Relatório de Estágio Engenharia Florestal – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

FEE. FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSITCA. **Resumo estatístico RS.** Disponível em: <htpp//www.fee.tche.Br/pt/content/resumo>. Acesso em 01 set. 2006.

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

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Determinação de Riscos de Contaminação das Águas Subterrâneas**: um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. (Boletim n.º 10). 87 p.

FOSTER, et al. **Protección de la calidad Del Agua Subterránea**: guia para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Madri: Ediciones Mundi - Prensa, 2003.

FRANTZ, L. C. **Avaliação do Índice de Vulnerabilidade do Aqüífero Guarani no Perímetro Urbano da Cidade de Sant' Ana do Livramento – RS.** 2005. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

GASPARETTO, N. V. L. et al. **Mapa Geológico da Folha de Santa Maria**. FINEP - UFSM, 1998. Escala 1:50.000

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Código Estadual do Meio Ambiente. Lei Estadual n° 11.520 de 03.08.2000**. Porto Alegre, SEMA/SEMA/FZB, 2000. 107 P.

GREGORASHUK, J. de los S. **Estúdio Del uso actual y potencial Del acuífero guaraní**: enero 2001. Disponible em <http:/www.sg-guarani.org.pdf>. Acesso em 02 mar. 2005.

GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 6. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 448 p.

HAUSMAN, A. Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul – RS. **Acta Geológica Leopoldensia (Série Mapas, escala 1:50.000)**, n. 2, 1995. p. 1-127

HIRATA, R. Recursos Hídricos. TEIXEIRA W. *et al.* (Org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 421 - 442.

HIRATA, R. Oito perguntas e oito tentativas de respostas sobre a vulnerabilidade à poluição de aqüíferos. **I Seminario-taller. Protección de acuíferos frente a la contaminación:** metolodogía. Toluca, México, jun de 2001. Disponível em: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ponencias/Hirata.html>. Acesso em 5 jan. 2007.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Notícias**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia>. Acesso em 22 dez 2006.

IENSEN, E. S. **A dinâmica populacional urbana do Município de Itaara - RS.** 2005. 46f. Trabalho de Graduação (Licenciatura em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. TEIXEIRA W. *et al.* (Org). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 113 - 138.

MACHADO, J. L. F. **Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aqüífero Guarani no Rio Grande do Sul**. 2005. 237 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, 2005.

MARCHIORI, J. N. C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul**: enfoque histórico e sistemas de classificação. Porto Alegre: EST, 2002. 118 p.

MARION, F. A. *et al.* Avaliação da Condutividade Elétrica em poço do Campus da UFSM - RS. In: XX Jornada Acadêmica Integrada da UFSM. Santa Maria, 2006. **Anais**... Santa Maria: UFSM, 2006. CD-ROM

MARION, F. A. *et al*. Proteção dos recursos hídricos subterrâneos a partir da vulnerabilidade natural dos aqüíferos Guaraní e Serra Geral no Município de Sobradinho - RS. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 58ª, 2006, Florianópolis. **Anais eletrônicos**... São Paulo: SBPC/UFSC, 2006. Disponível em: http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra. Acesso em 10 fev. 2007.

MARTINS, V. C. **Uso da terra no município de Itaara - RS com imagens do satélite CBERS 2.** 2004. 54f. Trabalho de Graduação (Bacharel em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

MENEGOTTO, E.; SARTORI, P. L.; MACIEL FILHO, C. L. **Nova seqüência sedimentar sobre a Serra Geral do Rio Grande do Sul.** Santa Maria: UFSM, 1970. Ed especial n° 1. 19 p.

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

MÜLLER FILHO, I. L. **Notas para o Estudo da Geomorfologia do Rio Grande do Sul, Brasil**. Publicação Especial n°1.Santa Maria: Imprensa Universitária. UFSM. 1970.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil**: **Região Sul.** Rio de Janeiro: IBGE, 1990 v. 2. p. 153-187.

OLIVEIRA, K. W. de; MORAIS, P. B. de; SERZEDELO, J. L. Qualidade e conservação da água, o paradigma de um futuro imediato. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Porto Alegre, 2000. **Anais**... Porto Alegre: ABES, 2000. CD-ROM.

REBOUÇAS, A. da. C. *et al.* **Águas Doces no Brasil**. Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados da USP. 1999.

REBOUÇAS, A. da, C. Águas Subterrâneas. BRAGA, B.; REBOUÇAS; A. da, C; TUNDISI, J. G. (Org). **Águas doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. 2. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. p 119 - 149.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **Decreto n° 5.540, de 4 de maio de 2005.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto/D5440.htm>. Acesso em 25 fev 2007.

SEMA. SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Recursos hídricos.** Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/outorga.jsp>. Acesso em 15 fev 2007.

SILVA. A. de B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas:** conceitos e fundamentos. Campinas: UNICAMP, 2003.236 p.

SILVERIO DA SILVA, J. L. *et al*. Impactos da atividade humana sobre os solos: aqüíferos. AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. de A. (Org). **Solos e ambiente**: I Fórum. Santa Maria: Pallotti, 2004.

SILVERIO DA SILVA, J. L. *et al*. **Caracterização de áreas de recarga e descarga do Sistema Aqüífero Guarani em Santana/Rivera e Quaraí/Artigas e estudo da vulnerabilidade natural em Quaraí/Artigas**. UFSM/UDeLaR. Santa Maria, 2005. 200p.

ZIMBRES, E. (2003). **A água subterrânea**. Disponível em: <http//meioambiente.pro.br>. Acesso em 09 jul 2003.