

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

**CADASTRO E MAPEAMENTO DE  
POÇOS TUBULARES DO MUNICÍPIO DE  
CAMPINA DAS MISSÕES/RS**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**Valdemar Ferreira dos Passos**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2007**

**CADASTRO E MAPEAMENTO DE POÇOS  
TUBULARES DO MUNICÍPIO DE CAMPINA DAS  
MISSÕES/RS**

**por**

**Valdemar Ferreira dos Passos**

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

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

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2007**

**P289c**

**Passos, Valdemar Ferreira dos, 1973-**

Cadastro e mapeamento de poços tubulares do município de Campinas das Missões / por Valdemar Ferreira dos Passos ; orientador José Luiz Silvério da Silva. – Santa Maria, 2007.

84 f. ; il.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2007.

1. Geociências 2. Poços tubulares 3. Índice de vulnerabilidade 4. Águas subterrâneas I. Silva, José Luiz Silvério da, orient. II. Título

CDU: 556.18

Ficha catalográfica elaborada por

Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160

Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

**Universidade Federal de Santa Maria**  
**Centro de Ciências Naturais e Exatas**  
**Departamento de Geociências**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a monografia de Especialização

**CADASTRO E MAPEAMENTO DE POÇOS TUBULARES DO  
MUNICÍPIO DE CAMPINA DAS MISSÕES/RS**

elaborada por

**Valdemar Ferreira dos Passos**

como requisito parcial para a obtenção do grau de

**Especialista em Geografia e Geociências**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. José Luiz Silvério da Silva (UFSM)  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Mauro Kumpfer Werlang (UFSM)

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Andréa Valli Nummer (UFSM)

Santa Maria, 14 de setembro 2007

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos que me ajudaram de uma forma ou de outra. Em especial aos meus pais, José Afonso Ferreira dos Passos e Elvira Menner Ferreira dos Passos. Aos meus irmãos, João Inácio Ferreira dos Passos, Romaldo Alvício, Paulo Antônio e Roque, a minha irmã Therezinha Maria, em memória aos irmãos Ivone e Miguel. Aos sobrinhos Hemerson e Éderson, e às sobrinhas Iara e Bruna.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro a Deus, por me dar forças e guiar meus passos;

À orientação recebida do professor José Luiz Silvério da Silva;

Aos meus amigos sinceros, companheiros e companheiras de luta, de muitos diálogos e construções nesta passagem pela Universidade, em especial a Carlos Konrad, Flávio Wachholz, Janete Reis e Isabel Camponogara, pela ajuda recebida;

Aos professores que me apoiaram nesta trajetória, dando-me incentivos quando, às vezes, me dava vontade de parar de estudar;

Por fim, a todos aqueles que de uma forma ou de outra me ajudaram e torceram pela minha formação. Muito obrigado a todos.

## RESUMO

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

### **CADASTRO E MAPEAMENTO DE POÇOS TUBULARES NO MUNICÍPIO DE CAMPINA DAS MISSÕES/RS**

Autor: VALDEMAR FERREIRA DOS PASSOS

Orientador: JOSÉ LUIZ SILVÉRIO DA SILVA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 14 de setembro de 2007

A água é importante para a vida no planeta e é um insumo básico para a maioria das atividades econômicas, sendo possível encontrá-la na natureza em abundância, mas é extremamente vulnerável à degradação qualitativa. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo fazer o levantamento e cadastro dos poços tubulares para a obtenção e espacialização de informações hidrodinâmicas e da vulnerabilidade dos aquíferos no município de Campina das Missões, localizado no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Para o desenvolvimento desta pesquisa, alguns dados foram obtidos na página eletrônica do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas e outros foram adquiridos a campo, com uso do GPS (Global Position System) e na Prefeitura Municipal de Campina das Missões. Estes dados foram transformados em meio digital, tabulados e posteriormente espacializados no programa SPRING e SURFER 8, em forma de cartogramas, com base no Método "GOD", (FOSTER; HIRATA 1993; FOSTER *et al.* 2003). Como resultado mais relevante desta pesquisa, tem-se o cadastro dos poços tubulares para um possível monitoramento e a geração do cartograma de vulnerabilidade que possibilitou a identificação das áreas mais susceptíveis à contaminação, localizadas ao sul do município, na área urbana e adjacentes. Desta forma, esse estudo contribuirá para o planejamento adequado do município de Campina das Missões, pois, com o reconhecimento das áreas mais vulneráveis à contaminação, pode-se selecionar as áreas mais apropriadas para a instalação de aterros sanitários, postos de combustíveis, lava-jatos, áreas industriais e perfuração de novos poços tubulares.

Palavras Chave: Poços Tubulares, Índice de Vulnerabilidade, Águas Subterrâneas,

## **ABSTRACT**

Specialization's Monograph  
Specialization's Degree Program in Geography and Geosciences  
Universidade Federal de Santa Maria

### **REGISTRATION AND MAPPING OF THE TUBULAR WELLS IN THE MUNICIPAL DISTRICT OF CAMPINA DAS MISSÕES RIO GRANDE DO SUL**

Author: VALDEMAR FERREIRA DOS PASSOS

Advisor: JOSÉ LUIZ SILVÉRIO DA SILVA

Date and Place of Defense: Santa Maria, September 14th, 2007

Water is important to life on the planet, and it is a basic input for most of the economical activities. Water occurs in the nature in quantities, but it is extremely vulnerable to the qualitative degradation. This work aims at rising and registering tubular wells in order to get and spatialize hydrodynamic information and to evaluate the vulnerability of water source in Campina das Missões, at the northwest of Rio Grande do Sul (Brasil). Some data were obtained from the web page of Information System Groundwaters and others data were obtained from fieldwork, by the use of GPS (Global Position System) and from at Campina das Missões Municipal Hall. These data were transformed in digital medium, tabulated and spatialized in SPRING and SURFER 8 software, under a cartogram form, based on the GOD method (Foster; Hirata 1993; Foster et al. 2003). One of the monitoring and the generation of a vulnerability cartogram, which made possible the identification of the most liable places to contamination, sited in the south of the municipal district, in the urbana area. This way, this study contributes for the planning of Campina das Missões, because, once it is known the most liable areas to contamination, it is possible to choose the most appropriate areas for the installation of sanitary embankment, gas stations, car-washes, industrial areas and tubular wells.

Keywords: Tubular Wells, Vulnerability Index, Underground Water.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Ilustração da condição atual do Arroio Tumurupará.....	19
Figura 02 - Localização do município de Campina das Missões no Estado do Rio Grande do Sul. ....	21
Figura 03 - Uma ilustração da estrutura rochosa maciça com fraturas subhorizontais e dique subverticais em Campina das Missões/RS.....	24
Figura 04 – Ilustração da estrutura rochosa (rocha vulcânica) maciça com baixa densidade fraturas em Campina das Missões.....	25
Figura 05 - Províncias hidrogeológicas do Brasil .....	32
Figura 06 – Organograma das etapas de execução da pesquisa. ....	36
Figura 07 - Parâmetros para a avaliação da vulnerabilidade .....	45
Figura 08 - Mapa da espacialização dos poços tubulares do município de Campina das Missões/RS .....	47
Figura 09 - Poço tubular nº 11 da Linha Buriti (BI -11), falta de cercamento e laje de concreto, localiza-se numa lavoura de milho.....	48
Figura 10 - Poço tubular nº 36 da linha Pio X (BIS/PX – 36), falta de cercamento e laje de concreto .....	50
Figura 11 - Poço tubular nº 44 da Linha Primeiro de Março Centro, (PMC – 44), se enquadra nas normas. ....	50
Figura 12 - Mapa da espacialização altimétrica dos poços tubulares no município de Campina das Missões/RS .....	52
Figura 13 - Mapa da espacialização do nível estático dos poços tubulares no município de Campina das Missões/RS.....	54
Figura 14 - Mapa da espacialização das vazões dos poços tubulares no município de Campina das Missões/RS .....	56
Figura 15 Mapa da espacialização da superfície potenciométrica dos poços tubulares no município de Campina das Missões/RS.....	58
Figura 16 - Ilustração do poço tubular Surgente nº 6 da linha Natal (NL – 6), falta de cercamento.....	60
Figura 17 - Mapa da espacialização da vulnerabilidade dos poços tubulares no município de Campina das Missões/RS.....	62

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Cadastro dos poços do município de Campina das Missões que obtiveram dados completos e foram simulados pelo método “GOD” .....	39
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA = Agência Nacional de Águas

BANRISUL = Banco do Estado do Rio Grande do Sul

CORSAN = Companhia Rio-Grandense de Saneamento

CPRM = Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CNRH = Conselho Nacional dos Recursos Hídricos

CREA = Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia

DNPM = Departamento Nacional da Produção Mineral

EMATER = Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

ETES = Estações de Tratamento dos Esgotos

EUA = Estados Unidos

FIBGE = Fundação e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

GPS = "Global Position System" - Sistema de Posicionamento Global

LACEN = Laboratório Central do Estado

MERCOSUL = Mercado Comum do Sul

RS = Rio Grande do Sul

SBRT = Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas

SEMA = Secretaria Estadual do Meio Ambiente

SIAGAS = Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

SICREDI = Sistema de Crédito Cooperativo

SIG = Sistema de Informação Geográfica

SPRING = Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas

SUDESUL = Superintendência de Desenvolvimento da Região Sul

UFES = Universidade Federal de Santa Maria

UTM = Projeção Universal transversa de Mercator

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 01 – Banco de dados sobre o cadastro de poços tubulares do município de Campina das Missões/RS .....	74
ANEXO 2 - Imagens da situação dos poços tubulares do município de Campina das Missões/RS .....	77

## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	11
LISTA DE ANEXOS .....	12
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>14</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 Objetivo geral .....	17
1.2 Objetivos específicos .....	17
1.3 Problemas e justificativa.....	18
1.4 Localização da área de estudo.....	20
1.5 Caracterização da área de estudo .....	22
1.6 Geologia, geomorfologia e solos .....	23
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>27</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>27</b>
2.1 Água subterrânea.....	27
2.2 Tipos de aquíferos.....	31
2.3 Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas .....	34
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>36</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>36</b>
3.1 Procedimentos metodológicos .....	36
3.2 Procedimentos técnicos .....	38
3.2.1 Cadastro dos poços .....	38
3.2.2 Mapa da espacialização dos poços tubulares .....	40
3.2.3 Mapa da espacialização altimétrica dos poços .....	40
3.2.4 Mapa da espacialização do nível estático dos poços.....	41
3.2.5 Mapa da espacialização das vazões dos poços.....	41
3.2.6 Mapa da espacialização da superfície potenciométrica dos poços .....	42
3.2.7 Mapa da espacialização da vulnerabilidade dos aquíferos .....	42
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>46</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>46</b>

4.1 Cadastro de poços e parâmetros hidrodinâmicos .....	46
4.2 Identificação da vulnerabilidade dos aquíferos no município de Campina das Missões/RS .....	59
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>63</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>63</b>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
ANEXOS .....	73

## **1 INTRODUÇÃO**

O homem cada vez mais tem necessidade de conhecer o meio em que vive, entender as transformações que nele ocorrem, a complexidade e interdependência entre os elementos. Através desta compreensão, ele alcançará uma relação harmoniosa entre as várias formas de intervenção sobre a natureza (MAZIEIRO, 2005). As atividades humanas são importantes para a sobrevivência do homem, entretanto estas não devem prejudicar os mananciais hídricos que são de vital importância.

Conforme FOSTER; HIRATA (1993) listam como potenciais geradores de carga contaminante nos hídricos atividades como a criação de aterros sanitários, lixões, disposição de efluentes industriais, acidentes ambientais, saneamento urbano sem rede de esgoto e atividades agrícolas com a utilização de agroquímicos. Pode-se, além destes, ressaltar ainda os cemitérios, onde a infiltração do necrochorume pode ser uma fonte importante de contaminação pontual.

ASMUS (1991) destaca que uma pesquisa configura-se numa forma valiosa de se buscar o conhecimento do meio natural junto às ações antrópicas. Através disso, chega-se a subsídios para discussões e sugestões com fundamentação científica que são muito importantes para a gestão ambiental. Desta forma, o planejamento é considerado, em parte, imprescindível para a sustentabilidade de uso dos recursos naturais. Neste sentido, segundo ROSS (1994, p. 65),

O conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos dos solos, do relevo, das rochas, dos minerais, das águas, do clima, enfim de todos os componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e do homem.

A água exerce influência sobre todas as formas de vida que se encontram no planeta. Ela tem uso variado, ou seja, pode-se afirmar que sem água não seria possível existir vida na Terra. Entre os usos variados temos: a dessedentação humana, de animais, abastecimento de indústrias, a irrigação de lavouras, a utilização em postos de combustíveis, o lazer, a navegação, entre outros.

Conforme FERNANDES; GARRIDO (2002), toda a água potável que é utilizada pelo homem, menos de 3% vem da superfície, o restante, mais de 97%, é de mananciais subterrâneos. Portanto, deve-se dedicar especial atenção para o conhecimento das características físico-químicas e bacteriológicas buscando a preservação da água subterrânea.

Conforme dados apresentados por VEIGA DA CUNHA (2002, p.65).

Da água doce disponível, são captados atualmente 3.500 Km<sup>3</sup> de água por ano, dos quais 70% correspondem à utilização pela agricultura, 20% pela indústria e 10% pelos municípios, tendo a pressão sobre os recursos hídricos a agravar-se à medida que o nível de vida aumenta.

O autor também relata que as taxas de crescimento nos consumos de água são superiores às taxas de crescimento demográfico. Os consumos médios *per capita* oscilam entre 600 l/hab/dia nos EUA e 30 l/hab/dia em alguns países africanos. Este fato é atribuído às características naturais e sócio-econômicas distintas dos países exemplificados. O consumo médio de água por pessoa, por dia numa comunidade é obtido, quando se divide o total de seu consumo de água por dia pelo número de pessoas servidas. No Brasil, adotaram-se quotas médias "per capita" diárias de 120 a 200 litros por pessoa, conforme Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT, 2007).

Para o Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH, 2001), águas subterrâneas são aquelas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo. As atividades que foram mencionadas acima, quando associadas a uma maior ou



menor vulnerabilidade<sup>1</sup> dos mananciais subterrâneos, são responsáveis pelo maior ou menor risco de contaminação deste recurso. Esta situação de risco tem tendência de acentuar-se à medida em que o homem avalia erroneamente a natureza, ou seja, dentro de uma visão econômica e imediata, em que se tem maior lucro em menor tempo, o que é característico do sistema em que o mundo está inserido, o capitalismo.

Segundo GUIMARÃES (2000, p. 24)) o fato acima se reflete à crise de um modelo de sociedade urbano-industrial que potencializa, dentro de sua lógica, valores individualistas, consumistas, antropocêntricos, e ainda como componente desta lógica, as relações de poder que provocam dominação e exclusão, não só nas relações sociais como também nas relações sociedade-natureza.

Assim, o presente trabalho busca levantar a situação atual, fazendo um cadastramento dos poços tubulares e identificando a vulnerabilidade do Aquífero Serra Geral no município de Campina das Missões, no noroeste do estado Rio Grande do Sul, na Bacia Hidrográfica do Uruguai (U - 30) Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA, 2006).

O cadastramento dos poços do município assume grande importância de acordo com o código Estadual do Meio Ambiente (2000). Isso porque a espacialização das informações em produtos cartográficos georreferenciados torna possível avaliar-se a vulnerabilidade deste recurso, criando-se, assim, condições para uma melhor exploração sem prejudicar este bem precioso que é a água. Ressalva-se que pesquisas desta amplitude nesta área de estudo não se encontram nos registros da Prefeitura. Por esta razão ela assume uma importância maior por ser pioneira e assim abrir espaço para pesquisas futuras.

Desta forma, a pesquisa foi estruturada em cinco capítulos. O primeiro capítulo contém a introdução, a motivação e a importância para a realização desta pesquisa, os locais de execução, a caracterização da área em estudo, alguns problemas e justificativa levantadas e a metodologia adotada.

---

<sup>1</sup> De acordo com Foster; Hirata (1993), o termo vulnerabilidade à contaminação do aquífero é usado para representar as suas características, as quais determinam a susceptibilidade natural de um aquífero ser adversamente afetado por uma carga contaminante oriunda da superfície do terreno.

No segundo capítulo apresenta-se a revisão bibliográfica que serviu de suporte teórico para analisar as informações. Constam neste capítulo os conceitos básicos desta pesquisa e assuntos para a compreensão do tema tratado.

O terceiro capítulo trata da metodologia empregada das etapas de efetivação da pesquisa, que se dividiu em procedimentos metodológicos e procedimentos técnicos.

No quarto capítulo, apresentam-se os resultados e as discussões da pesquisa, o que realmente foi investigado.

Por fim, no quinto capítulo será apresentado as considerações finais, onde é sintetizado a maior importância obtida nesta pesquisa.

## **1.1 Objetivo geral**

O trabalho teve como objetivo geral fazer o cadastro e levantamento da situação atual dos poços tubulares e identificação da vulnerabilidade do aquífero Serra Geral no município de Campina das Missões, na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, a partir do método “**GOD**” de (FOSTER; HIRATA 1993; FOSTER *et al* 2003).

## **1.2 Objetivos específicos**

Este trabalho se desenvolveu com base nos seguintes objetivos específicos:

- Criar um Cadastro Municipal dos poços tubulares, do município de Campina das Missões;
- Elaborar um banco de dados, através do SIG SPRING;
- Identificar o índice de vulnerabilidade do Aquífero Serra Geral no município de Campina das Missões com base nos poços analisados.

### 1.3 Problemas e justificativa

A ação antrópica, de um modo geral causou inúmeras deteriorações ambientais nos Recursos Naturais Renováveis. Assim, destacam-se algumas delas: a falta de planejamento básico, desmatamento, assoreamento, contaminação das águas e a inadequada perfuração de poços tubulares.

De acordo com a notícia do jornal CORREIO DO POVO (18/02/2007), os indicadores de saneamento básico na região da bacia hidrográfica do rio Uruguai estão abaixo da média nacional, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA). A porcentagem da população atendida com coleta sanitária nos 230 municípios gaúchos que compõem a bacia é de 17,2 %, enquanto a do Brasil é de 47,2%. Os índices de tratamento de esgoto nas unidades hidrográficas também são baixos, 6% contra 17% no país. Espera-se que esta situação melhore pois, depois de mais de três anos de planejamento, a execução do programa Pró-Rio Uruguai Aquífero Guarani está próximo de se concretizar.

Os poços tubulares têm ligação direta com o lençol freático e/ou lençóis confinados. Segundo TUCCI (1993), estes são de suma importância para a promoção do bem-estar de uma sociedade. Consideram-se ainda de extrema relevância por suprirem quase todas as necessidades humanas.

O desmatamento é uma das causas para a modificação do microclima, causando a redução da camada fértil do solo, o desaparecimento de espécies importantes da fauna e da flora. A erosão de declives mais acentuados que muitas vezes são utilizados para fins agrícolas facilita o transporte de sedimentos para os cursos d'água, provavelmente hoje contaminados por defensivos agrícolas e desta forma, provocando a sedimentação e o assoreamento destes rios.

O assoreamento dos leitos dos rios tem trazido como consequência a redução da água dos recursos hídricos. Este fenômeno é causado pelas chuvas torrenciais e ainda trazendo dificuldades à migração de espécies da fauna aquática entre riachos e canais. Tudo isso por causa do desmatamento da mata ciliar, que é a proteção natural de um rio. Em Campina das Missões este acontecimento é significativo, pois o Arroio Tumurupará mais conhecido como, Pessegueiro, está sofrendo assoreamento. Isso explica o fato de se encontrar sedimentos no fundo do seu leito (Figura 1).



Fonte: Saída a campo em outubro de 2006  
Organizado por: PASSOS. V. F. dos

**Figura 01 – Ilustração da condição atual do Arroio Tumurupará**

A criação de animais, para o desenvolvimento da atividade leiteira e também da suinocultura poderá ser um agravante para a contaminação das águas e dos poços tubulares em muitos locais. Além disso, o abastecimento da água na cidade é realizado através da captação da água do Arroio Tumurupará, sendo que esta água poderá conter elementos contaminantes provindos das lavouras próximas ao arroio.

Segundo SILVÉRIO da SILVA artigo publicado no jornal A RAZÃO (30/05/2000), foi realizado um levantamento pelo Laboratório Central do Estado, Companhia Rio-Grandense de Saneamento e Universidade Federal de Santa Maria (LACEN, CORSAN e UFSM) onde ficou constatado que 70% das análises de poços tubulares de particulares em áreas urbanas apresentam algum tipo de contaminação, seja por coliformes fecais ou química. Na área em questão, entram os usos amplos de fungicidas, inseticidas, herbicidas e outros insumos de procedência química (uréia, adubos químicos entre outros) utilizados no cultivo das lavouras de trigo, soja, milho entre outras culturas. Estes insumos podem infiltrar até os níveis mais profundos do subsolo, contaminando e degenerando este recurso mineral renovável em diferentes escalas de tempo.

A água subterrânea tem sido muito utilizada nos últimos anos, pois as águas superficiais em quase sua totalidade estão comprometidas. O homem tem uma enorme necessidade de água. Muitas vezes poços tubulares são perfurados por empresas que nem apresentam o técnico responsável para a execução desta tarefa. Conforme legislação federal, esta tarefa é restrita a geólogos e engenheiros de

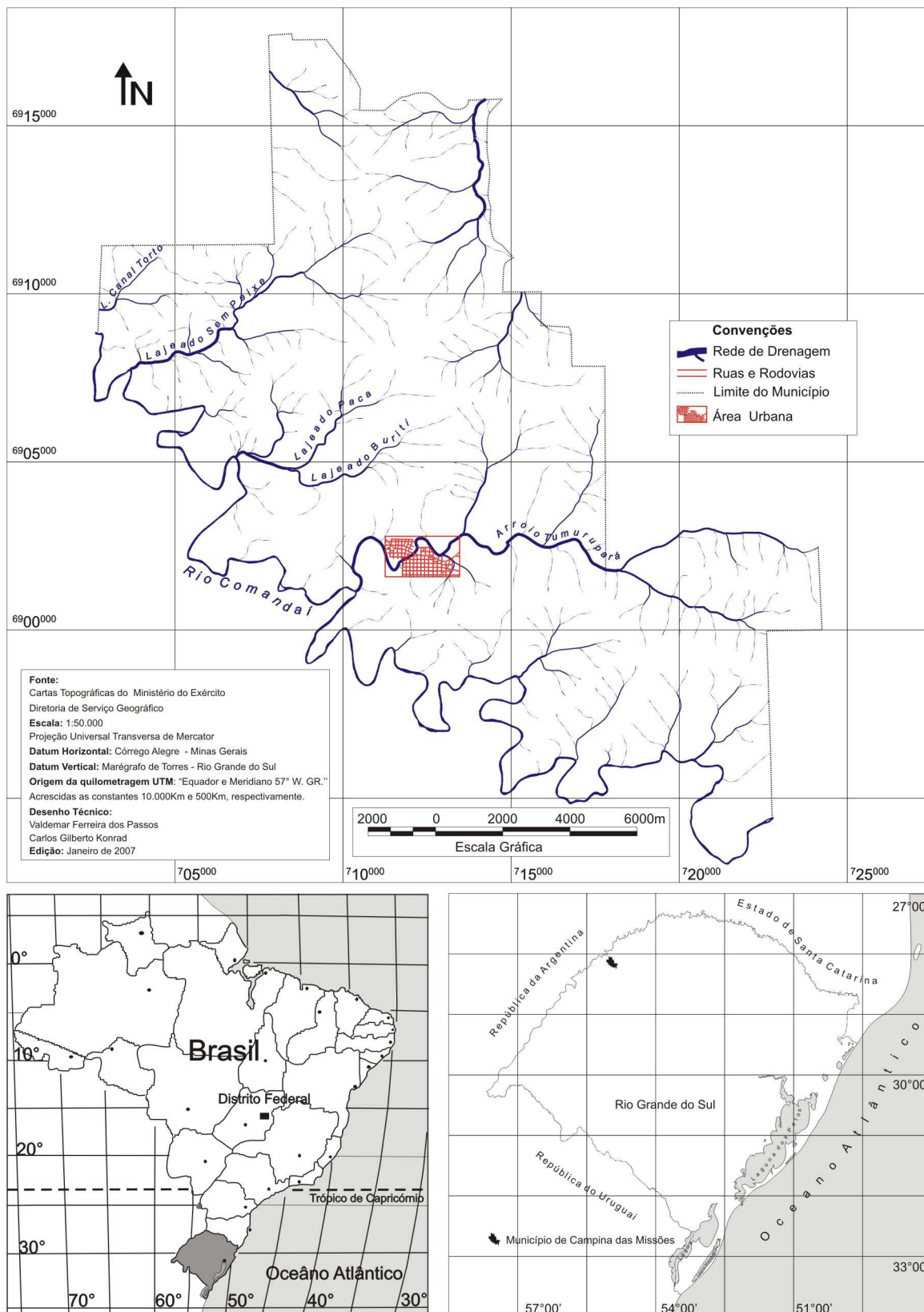
minas, legalizados com o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA). Cabem às prefeituras municipais e os cidadãos fiscalizarem a perfuração de poços e ao Departamento de Recursos Hídricos/SEMA outorgar o seu uso.

Analisando-se estas questões no município de Campina das Missões, percebe-se que alguns destes fatos são verídicos nesta área. Na questão do saneamento básico o município está contemplado, pois ele se destaca por possuir cinco Estações de Tratamento de Esgoto (ETES).

Por esta razão, a pesquisa da água subterrânea no município de Campina das Missões torna-se de grande relevância, uma vez que a cidade abastece-se da água provinda do Arroio Tumurupará, esta água pode conter um potencial de contaminantes, portanto a cidade não utiliza água de poços tubulares. Percebe-se também que o Arroio encontra-se bastante assoreado, exemplificado na figura 01. Isto tudo reforça e mostra a relevância da pesquisa visando os estudos da água subterrânea no município de Campina das Missões.

#### **1.4 Localização da área de estudo**

O município de Campina das Missões se localiza no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, mais especificamente entre as coordenadas 54°30'00" e 53°57'00" longitude oeste e 29°45'00" e 29°28'00" latitude sul com os seguintes limites: ao norte Santo Cristo, a leste Cândido Godói e Ubiritama, a oeste Porto Lucena e São Paulo das Missões e ao sul Salvador das Missões e Cerro Largo (Figura 02).



Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007

**Figura 02 - Localização do município de Campina das Missões no Estado do Rio Grande do Sul.**

## 1.5 Caracterização da área de estudo

O município em estudo possui uma área total de 221,70 Km<sup>2</sup> de extensão. Este foi colonizado por descendentes de alemães e de russos (eslavos). Possui atualmente uma das maiores colônias de descendentes russos do Rio Grande do Sul. Sua economia está fundamentada na agricultura de minifúndios, de modo que predomina o cultivo de soja e de milho. Possui poucas indústrias, destacando-se as de roupas e esquadrias, sendo estas de pequeno porte e sem geração de grandes resíduos contaminantes.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE. 2007)<sup>2</sup>, a população de Campina das Missões em 2006 era de 6.449 habitantes. O município está apresentando um significativo decréscimo da população. Isso pode ser confirmado ao compararmos os dados atuais com o Censo de 2000, quando a população deste era de 7.014 habitantes.

O pavimento asfáltico liga Campina das Missões com Cândido Godói e São Paulo das Missões através da RS 307, facilitando o comércio com todas as outras regiões do Estado e países do Mercosul. Além disso, Campina das Missões possui a comarca e zona eleitoral, atendendo, inclusive, os municípios, Cândido Godói e São Paulo das Missões. Possui também dois bancos, o Banco do Estado do Rio Grande do Sul (Banrisul) e o Sistema de Crédito Cooperativo (Sicredi).

Na área da saúde, Campina das Missões dispõe de um hospital com 62 leitos, que atende moradores de municípios vizinhos, desta forma, é considerado um hospital de Referência Micro Regional. Também dispõem de um Posto de Saúde e 17 agentes de saúde que atendem as comunidades do interior (rural) e da zona urbana que inclusive coletam amostras de águas dos poços tubulares para análises no LACEN.

Além da sede, o município possui 27 comunidades e 3 distritos, as quais são: Linha Butiá Sul, Linha Butiá Centro, Linha Butiá Norte, Linha Amadeu Norte, Linha Amadeu Centro, Linha Buriti Sul, Linha Primeiro de Março Sul, Linha Paca Sul, Linha Oito de Maio, Linha Paca Norte, Linha Nova Guanabara, Linha Secção F, Linha

---

<sup>2</sup> Dados do sítio <http://www.ibge.org.br>, acessado em 20 de abril de 2007.

Níquel Norte, Linha Níquel, Linha Níquel Centro, Linha Níquel Sul, Linha Buriti, Linha Doze, Vila Teresa, Linha Cândido Godói Centro, Linha Ressaca, Linha Natal, Linha Amadeu Sul, Linha Amadeu Níquel Sul, Comunidade Canal Torto, Esquina Campina, Comunidade La Salle, Vila Kennedy, Bairro Floresta e Bairro Alvorada.

A pesquisa tem como enfoque os poços tubulares de Campina das Missões, as linhas citadas foram visitadas com uma saída a campo onde localizou-se os poços identificando-os dentro da área de estudo, a partir do extremo norte até o extremo sul do município. Assim realizou-se uma cobertura dos poços na área urbana e parte da área rural.

Estas linhas (comunidades/distritos) são beneficiadas pela prefeitura municipal em relação a água tratada, todas elas possuem poços tubulares, tendo algum responsável na comunidade para o bombeamento e a revisão da rede de água. Entre este benefício existe no município outros que também merecem destaque, pois todos eles ajudam na qualidade de vida desta população campinense.

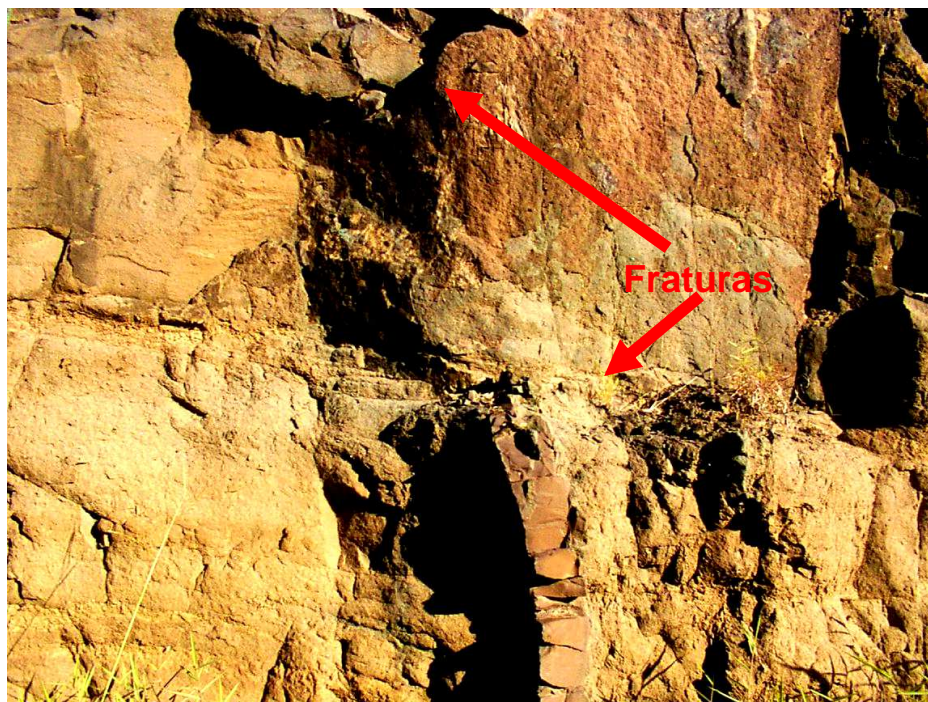
Segundo SCHONS (2006), ocorreram melhorias na qualidade de vida da população nos últimos anos como: acesso à energia elétrica, redes de água potável clorada e fluoretada distribuída pela CORSAN em quase todos os estabelecimentos do município, a coleta seletiva de lixo na zona urbana, baixo índice analfabetismo, transporte escolar gratuito, inexistência de mortalidade infantil, campanhas preventivas de saúde, maior acesso à telefonia celular. A CORSAN implantou cinco (05) ETES em pontos diferentes da área urbana do município de Campina das Missões.

## **1.6 Geologia, geomorfologia e solos**

De acordo com o mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul, CARRARO (1974), a área se encontra na Formação Serra Geral, constituída com lavas vulcânicas basálticas e/ou ácidas, diques e sills de diabásio associados. Da mesma forma, a área se enquadra na unidade geomorfológica do Planalto, ou mais especificamente na região geomorfológica Planalto das Missões, pertencendo à Bacia do Paraná. Constata-se que a estrutura rochosa de Campina das Missões é



constituída por rochas afaníticas, cristalinas, maciças, com estrutura tabular e/ou diques, formando um aquífero do tipo cristalino fissural conforme SILVÉRIO DA SILVA *et al.* (2004), (Figuras 03 e 04).



Fonte: Saída a campo em outubro de 2006  
Organizado por: PASSOS. V. F. dos

**Figura 03 - Uma ilustração da estrutura rochosa maciça com fraturas subhorizontais e dique subverticais em Campina das Missões/RS**

Na Figura 03 as setas indicam as fraturas subhorizontais e subverticais, facilitando a leitura da mesma. Quando observa-se as figuras 03 e 04, tem-se uma idéia sobre a estrutura geológica de Campina das Missões. Nota-se que, neste caso, têm-se duas situações distintas de estruturas com porosidade e permeabilidade diferentes. Na figura 03, observou-se uma rocha maciça com fraturas visíveis que podem facilitar a infiltração das águas das chuvas para a recarga subterrânea. Entretanto, na figura 04, pode ser verificado a existência de rocha maciça com baixa densidade de fraturas, o que sugere pontualmente um maior escoamento superficial das águas das chuvas e menor infiltração.



Fonte: Saída a campo em outubro de 2006  
Organizado por: PASSOS. V. F. dos

**Figura 04 – Ilustração da estrutura rochosa (rocha vulcânica) maciça com baixa densidade fraturas em Campina das Missões**

A porosidade primária dos basaltos é inferior a 1% entretanto, localmente, podem ocorrer vesículas, amígdalas e zonas de falha, as quais podem aumentar a porosidade e a permeabilidade das águas subterrâneas. Se as fraturas estiverem conectadas, pode haver maior permeabilidade e, assim, maior vulnerabilidade do aquífero. Normalmente formam-se aquíferos do tipo confinado ou artesianos na área de estudo conforme SILVÉRIO DA SILVA *et al.* (2004).

De acordo com HEATH (1983), o artesianismo está relacionado com a pressão hidráulica entre as fraturas e/ou espaços vazios, poros. Nos perfis geológicos avaliados do SIAGAS/CPRM, o poço mais profundo (340m), não atingiu os arenitos pertencentes à Formação Botucatu e, desta forma, pertence à Formação Serra Geral e está formando o Aquífero Serra Geral.

Segundo SEMA (2006), o município se situa em aquíferos locais às zonas fraturadas ampliados em certos trechos pelo sistema de intratrapps, que podem ser livres e/ou confinados. A permeabilidade é geralmente média e baixa. As águas,

nestes locais, geralmente são de boa qualidade química, embora, às vezes, com muita sílica.

Segundo o FIBGE (1986), ao longo dos rios Ijuí e Comandai, o modelado se traduz em manchas de dissecação com diferentes graus de intensidade, que se refletem diretamente no padrão de modelado com formas variadas observáveis na imagem de radar e individualizadas no mapeamento geomorfológico.

Percebeu-se em trabalho de campo que o Rio Comandai, nos lugares onde faz o limite de Campina das Missões com o município de Salvador das Missões e Cerro Largo, é muito irregular na sua largura e profundidade, com águas avermelhadas indicando a ocorrência de carga de sedimentos. Isso é justificado pelo BRASIL (1996), segundo o qual as “formas de relevo desenvolveram-se associadas a terras roxas estruturadas e solos litólicos resultados da alteração de rochas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral”.

Ainda de acordo com o FIBGE (1986), a área pertence ao domínio morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares, Especificamente pertence à Unidade Geomorfológica Planalto Dissecado Rio Iguaçu/Rio Uruguai, apresentando-se como parte da Unidade Dissecação dos rios Ijuí e Comandai e também da Região Geomorfológica do Planalto das Missões.

Conforme SEMA (2006), a área em estudo situa-se na Região Hidrográfica do Uruguai (U), pertencendo à Bacia Hidrográfica do Turvo-Santa Rosa – Santo Cristo (U-30); portanto, suas águas são drenadas para o rio Uruguai. Observou-se através das cotas altimétricas certa tendência de caimento da área de leste para oeste, tendo os rios Comandai e Ijuí adaptado seus cursos a falhas tectônicas de direção noroeste.

Segundo SCHONS (2006), percebe-se que os solos na área de estudo são argilosos, intercalados com áreas arenosas, argilo-siltosas e humosas. Há uma diferenciação no comportamento do relevo: ao norte, predominam terras mais movimentadas, apresentando-se levemente acidentado; e, ao sul, nas margens do Rio Comandai, existe a predominância da planície aluvial.

A capacidade do uso do solo também difere de uma área para outra: ao norte há restrições devido à pedregosidade e à declividade acentuada, exigindo desta forma diferentes práticas de manejo e preservação do solo em relação ao sul, onde predominam áreas planas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Água subterrânea

A água é um bem indispensável a toda e qualquer forma de vida, pois ela é necessária para todas as atividades humanas, sendo o elemento essencial do meio ambiente. A vida no planeta está relacionada a água.

A água subterrânea é proveniente da chuva, é um processo natural, quando chove, uma boa parcela da água vai infiltrar, abastecendo o lençol freático.

Segundo CEDERSTROM (1964) a água subterrânea vem da chuva e sua origem é pela evaporação da água provinda do mar. É menos significativa a ocorrência de vapores originada de gêiseres e vulcões. O ar se move sobre os continentes, sofrendo elevação devido ao relevo, ocasionando, dessa forma, o seu resfriamento e então precipitando sobre a Terra.

Água potável é aquela própria para o consumo humano, que não tem cheiro, odor ou cor e nem produtos defensivos agrícolas. O Brasil tem, provavelmente, as maiores reservas de água do mundo, estas estão distribuídas em todo o território nacional. Uma prioridade deve ser o mapeamento dos principais mananciais subterrâneos do Brasil. É fundamental que seja monitorada a qualidade da água dos aquíferos evitando-se, assim, a alteração da qualidade desta água.

Segundo o controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade (PORTARIA nº518/2004), as normas de qualidade da água para o consumo humano dispõem sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao seu controle e à vigilância de sua qualidade para o consumo humano e estabelece seu padrão de potabilidade e dá outras providências. Toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de



potencialidade e está sujeita à vigilância da sua qualidade. Esta norma não se aplica às águas envasadas e a outras, cujos usos e padrões de qualidade são estabelecidos em legislação específica.

Para FERNANDES; GARRIDO (2002), embora dois terços do planeta sejam formados por água, a água potável é na realidade um recurso escasso. As águas de oceanos e mares, que são salgadas, representam 97% do total deste recurso na natureza. Os 3% restantes distribuem-se entre águas doces congeladas nas calotas polares, que representam 2%, e águas superficiais e subterrâneas que representam 1%. O mesmo autor afirma ainda que deste 1% de águas superficiais e subterrâneas doces, as águas subterrâneas perfazem um total de 97%. Segundo dados da UNESCO/PHI (1998) o volume de água subterrânea em escala mundial é estimado em 23 milhões de quilômetros cúbicos.

Segundo REBOUÇAS (2002, p. 126), as águas subterrâneas têm, regra geral, três origens principais, que são: meteórica, conata e juvenil.

A água meteórica segundo REBOUÇAS (op. cit.) “corresponde às águas subterrâneas que são naturalmente recarregadas pela infiltração da parcela das que caem da atmosfera – chuva, neblina e neve, principalmente nos continentes, em geral, e numa bacia hidrográfica, em particular”. Para este autor, esta perfaz um total de 10 milhões de Km<sup>3</sup> e ocorre até a profundidade de 1000 metros, movimentando-se lentamente (cm/dia) através do solo/subsolo, podendo desaguar em corpos d’água em períodos de estiagem ou sem chuva. O autor afirma que a determinação do escoamento básico dos rios constitui regra geral, uma metodologia consistente de avaliação das recargas naturais da água subterrânea. Em regiões de rios perenes, o fluxo subterrâneo é suficiente para alimentar as suas descargas de base durante o período de secas. Isso ocorre em mais de 90% dos rios brasileiros. Quando os rios têm regime de fluxo temporário, ocorre o contrário: a contribuição dos fluxos subterrâneos não é suficiente para alimentar as suas descargas de base durante o período de estiagens.

As águas conatas, segundo REBOUÇAS (op. cit.), são “aquelas retidas nos sedimentos, desde a formação dos referidos depósitos, ou foram recarregadas em períodos climáticos favoráveis, a exemplo do que ocorre no *High Plains* e *Great Plains* (EUA) cuja última fase de recarga mais abundante parece ter ocorrido durante o último período glacial”.

Para o mesmo autor, águas de origem juvenil, por sua vez, são aquelas “geradas pelos processos de formação das rochas graníticas magmáticas, principalmente”. Para ele esta água é estimada em  $0,3\text{Km}^3$  por ano. Salienta que, desta forma, a mesma é quase insignificante se comparada aos volumes de água meteórica.

Para FERNANDES; GARRIDO (2002), os usos da água podem ser classificados como consuntivos e não consuntivos. No primeiro caso, tem-se a água de mananciais, retirados através de captações ou derivações, e apenas parte dela retorna a sua fonte de origem. Exemplos de usos consuntivos são: a agricultura irrigada, o abastecimento humano, a dessedentação de animais e o abastecimento industrial. Os mesmos autores classificam os usos não consuntivos como aqueles que utilizam a água em seus próprios mananciais sem haver necessidade de retirá-las ou, após captada, retorna integralmente a seus mananciais. Exemplos deste tipo de uso são: a pesca, o lazer e recreação, a navegação fluvial e a preservação da natureza.

DUARTE COSTA (1997) comenta que a maioria dos usos é consuntivos, e dentre eles, alguns requerem maiores cuidados com as características físicas, químicas e/ou biológicas das águas. Neste caso, encontram-se os usos doméstico, a irrigação e as indústrias. Entre os não consuntivos, merecem especial atenção os usos com recreação e a preservação da natureza.

CAVALCANTI (2001) comenta que a demanda mundial por água dobra a cada 20 anos; no entanto, estima-se que para o ano de 2020, o volume hídrico ofertado para cada habitante, deva chegar a apenas metade do que representa hoje.

No CORREIO DA UNESCO (1999), foi escrito o seguinte: há apenas 50 anos, nenhum país do mundo registrava níveis catastróficos em reservas de água. Hoje, cerca de 35% da população mundial vive nessa situação. Em 2025, dois terços dos habitantes do planeta terão reservas de água frágeis, se não catastróficas. Em compensação, os países e regiões ricos em água como o norte da Europa, o Canadá, a quase totalidade da América do Sul, África Central, Extremo Oriente e Oceania continuarão a dispor de vastas reservas. Futuramente, isto poderá ser motivo de guerras entre países.

OSÓRIO (2002, p. 6), afirma que “a partir da década de 70, tem se acentuado a exploração das águas subterrâneas no Brasil. Estima-se, hoje, a existência de 200.000 poços tubulares profundos ativos (além de milhões de poços rasos e

escavados), que fornecem água para diversos fins, sobretudo para o abastecimento agrícola e industrial”. Este fato justifica que o homem cada vez mais tem necessidade de utilizar a água, quanto mais cresce a população, mais se torna eficaz a exploração deste recurso.

De acordo com dados do IBGE (1991), 61% da população brasileira se abastece do manancial subterrâneo, seja por meio de poços profundos, rasos ou nascentes. Assim, é comprovada a extrema importância que estes mananciais assumem no país, e conservá-los é de vital importância em todos os sentidos:

As águas, consideradas nas diversas fases do ciclo hidrológico, constituem um bem natural indispensável à vida e às atividades humanas, dotadas de valor econômico em virtude de sua limitada e aleatória disponibilidade temporal e espacial, e que, enquanto bem público e de domínio do Estado, deve ser por este gerida, em nome de toda a sociedade, tendo em vista seu uso racional sustentável (Código Estadual do Meio Ambiente 2000, Art. 120).

O Gerenciamento dos Recursos Hídricos, para ser correto, segundo LANNA (1993, p. 744), deve ser embasado em um “conjunto de ações governamentais destinadas a regular o uso e o controle dos recursos hídricos e a avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela política dos recursos hídricos”. Merece destaque desta forma, a formulação de princípios e diretrizes, bem como documentos que orientam a gestão para a criação de sistemas gerenciais.

LANNA (1993, p. 748) afirma, neste sentido, que “a gestão dos recursos hídricos deve considerar a ligação estreita existente entre os problemas de quantidade e qualidade das águas”. O mesmo autor alega a gestão dos recursos hídricos e sua importância para a sociedade, afirmando o seguinte:

Os recursos hídricos são bens de relevante valor para a promoção do bem estar de uma sociedade. A água é bem de consumo final ou intermediário na quase totalidade das atividades humanas. Com o aumento da intensidade e variedade desses usos ocorrem conflitos entre usuários. Uma forma eficiente de evitar estes conflitos é a gestão integrada do uso, controle e conservação dos recursos hídricos (LANNA 1993, p. 727).

O Artigo 134 do Código Estadual do Meio Ambiente (2000) afirma que “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”. O poder público deve gerenciar os recursos com investimentos em projetos, obras e ações que garantam a oferta deste recurso. Assim, o mesmo tem o direito de implementar cobrança pelo uso dos recursos, de maneira que seja possível gerenciar projetos de conservação ou recuperação de mananciais.

FERNANDES; GARRIDO (2002, p. 47) afirmam que “a cobrança pelo uso dos recursos hídricos é um instrumento de política nacional de gestão do uso da água dos mananciais, previsto desde 1934, no Código de Águas”. Salientam ainda que a Lei Federal nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, reafirmou a necessidade de manutenção deste instrumento, sobretudo como indutor de uma postura de racionalidade do usuário da água, para que o mesmo use-a sem desperdício.

## **2.2 Tipos de aquíferos**

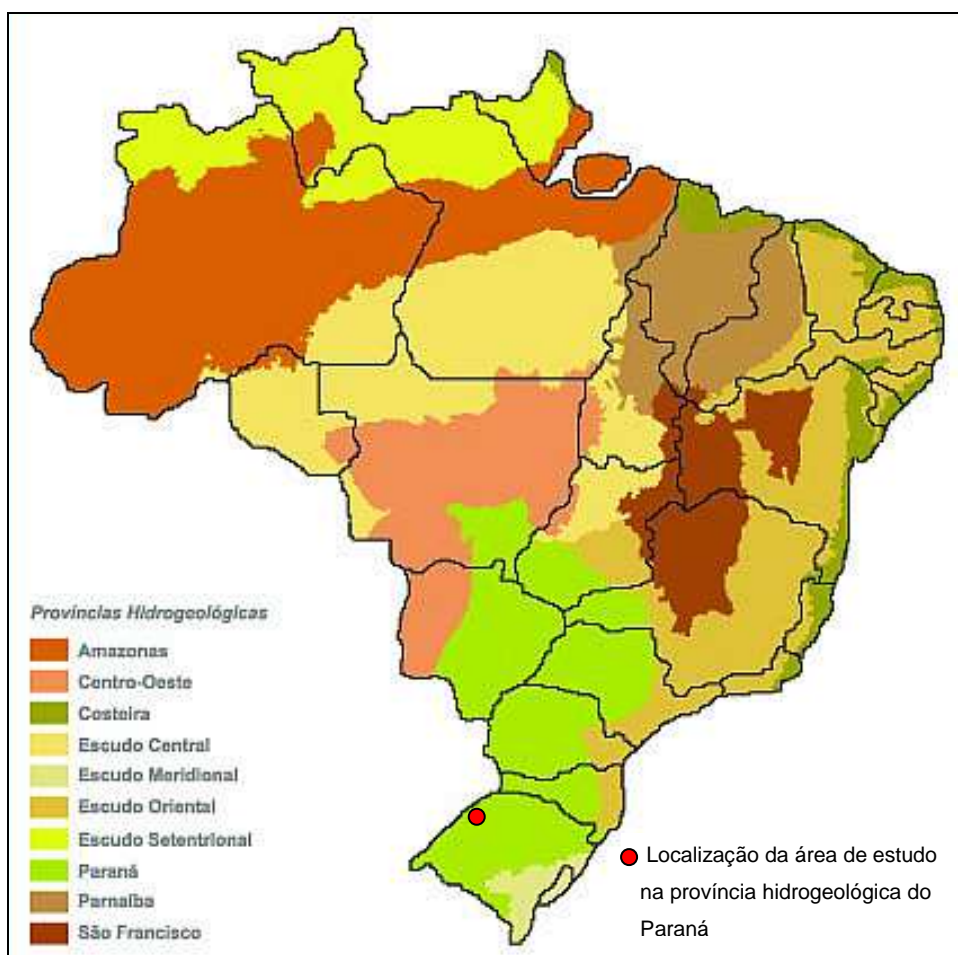
REBOUÇAS (1999), afirma que os aquíferos são corpos rochosos com características relativamente favoráveis à circulação e ao armazenamento de água subterrânea, podendo variar em extensões, desde alguns Km<sup>2</sup> até milhões de Km<sup>2</sup>, assumindo espessuras variadas. Estes aquíferos podem ocorrer na superfície ou encontrar-se em profundidade, podem estar encerrados em camadas relativamente pouco permeáveis, ter porosidade, permeabilidade, intergranular ou fraturas, podem fornecer água de excelente qualidade para o consumo ou ter águas relativamente salinizadas.

Segundo o CNRH (2001, Resolução N° 16), “os aquíferos são corpos hidrogeológicos com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos”.

REBOUÇAS (1999) salienta ainda que, no Brasil, em função de seu complexo quadro geológico, litológico, tectônico e estrutural, pode-se identificar 10 províncias hidrogeológicas. As províncias hidrogeológicas são entendidas por Rebouças (op.



cit.) como domínios hidrogeológicos onde as condições de estocagem (porosidade), de fluxo (permeabilidade) e de recarga natural (infiltração das chuvas) são relativamente similares. A área em estudo (o município de Campina das Missões) situa-se na Província Hidrogeológica do Paraná, (Figura 05).



Fonte: ABAS (2007)

**Figura 05 - Províncias hidrogeológicas do Brasil**

ZIMBRES (2007), comenta que as águas subterrâneas, regra geral, podem ser classificadas em três tipos quanto a porosidade, de acordo com a rocha armazenadora, sendo elas:

1) Aqüíferos contínuos ou porosos: estes se constituem nos melhores reservatórios de água. Ocorrem em rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e solos arenosos, decompostos *in situ*. Estes aqüíferos destacam-se pela sua porosidade, quase sempre homoganeamente distribuída, permitindo o livre fluxo da água, tão somente em função da pressão hidrostática. A porosidade de uma

rocha é entendida por Leinz e Amaral (1970) como “a relação existente entre o volume dos poros e o volume total, relação esta expressa em percentagem”. ZIMBRES (2007) salientou que estes aquíferos podem ser subdivididos em outros três grupos, de acordo com a pressão hidrostática a que estão submetidos, quais sejam: aquíferos livres, freáticos ou não confinados onde a pressão da água na superfície da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica. O aquífero confinado artesianos ou sob pressão ocorre quando o aquífero encontra-se entre duas camadas impermeáveis, ou seja, confinado. Já o aquífero suspenso ou semiconfinado ocorre quando o volume de água subterrânea está separado da água subterrânea principal por um estrato relativamente impermeável.

SILVÉRIO DA SILVA *et al.* (2004), ressaltam que as rochas sedimentares pertencentes à Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul se enquadram neste grupo, ou seja, nos aquíferos contínuos ou porosos.

2) Aquíferos descontínuos, fraturados ou fissurados: ocorrem quando a água subterrânea armazena-se em fendas e fraturas de rochas ígneas e/ou metamórficas, sendo que, neste caso, a capacidade de acumulação de água restringe-se à quantidade de fendas e fraturas, suas aberturas e suas intercomunicações. Os derrames de rochas vulcânicas pertencentes à Formação Serra Geral fazem parte desse grupo, como exemplificado nas figuras 03 e 04.

3) Aquíferos cársticos: nestes a água ocupa espaços vazios decorrentes da dissolução de porções do material original, principalmente rochas carbonáticas, como calcários e mármore. Estes não ocorrem no município em estudo.

Quanto à superfície superior (segundo a pressão da água), de acordo com BORGHETTI *et al.* (2004 p.107), os aquíferos podem ser de dois tipos: aquífero livre ou freático e confinado ou artesianos.

1) Aquífero livre ou freático: é aquele constituído por uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda a sua extensão, e limitado na base por uma camada impermeável.

2) Aquífero confinado ou artesianos: é aquele constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis.

### 2.3 Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas

HIRATA (1997), tecendo comentários a respeito da poluição de mananciais hídricos, ressaltou que a contaminação de águas superficiais é mais fácil de acontecer do que em águas subterrâneas. No entanto, a recuperação de mananciais superficiais também é mais fácil, pois as águas subterrâneas, além de possuir um poder de renovação muito lento, possuem camadas de solo e rocha sobre si. Se, por um lado, estas camadas lhes dão proteção; por outro, dificultam programas de despoluição. Pode-se ressaltar que as atividades antrópicas executadas em superfície estão diretamente vinculadas com a qualidade dos mananciais subterrâneos.

Outro fato a ser ressaltado se refere à vulnerabilidade das águas subterrâneas, entendida por FOSTER; HIRATA (1993, p. 42) como a maior ou menor susceptibilidade de um manancial subterrâneo em ser contaminado. Neste sentido, salientam que existem basicamente dois tipos de contaminação, a pontual e a difusa. A primeira se refere à contaminação com aterros sanitários, lixões, acidentes ambientais e deposição de efluentes industriais, mais fáceis de serem localizados. Na contaminação de maneira difusa, podem ser citados o saneamento urbano sem rede de esgoto e as atividades como os cultivos e a irrigação, sendo que toda e qualquer contaminação depende basicamente das características hidrogeológicas intrínsecas a cada aquífero. Entre elas, destacam-se: os tipos de aquíferos, a composição litológica, a profundidade do nível da água, além das interações da água percolante com o meio hidrogeológico, alterações biogeoquímicas, bem como das formas de uso e ocupação do solo.

De acordo com o § 2º do Art. 134 do Código Estadual do Meio Ambiente (2000), “a vulnerabilidade dos lençóis d’água subterrâneos será prioritariamente considerada na escolha da melhor alternativa de localização de empreendimentos de qualquer natureza potencialmente poluidora das águas subterrâneas”. Da mesma forma, o § 5º deste mesmo artigo afirma que “os municípios deverão manter seu próprio cadastro atualizado de poços profundos e poços perfurados sob sua responsabilidade ou interveniência direta ou indireta”.

Acredita-se, assim, que o gerenciamento dos recursos hídricos é de vital importância para a sobrevivência da humanidade. Assim, exige-se o cumprimento

das diretrizes gerais a respeito da conservação dos mesmos, como, por exemplo, um modelo de gerenciamento que estabeleça a organização legal e institucional, de modo que fiquem claras as condições de uso e ao mesmo tempo de proteção contra agentes poluidores da qualidade da água, seja direta ou indiretamente.

Pode-se considerar que os órgãos competentes nacionais se preocupam, desenvolvendo um projeto com o objetivo de buscar soluções para os graves problemas que ocorrem nas bacias hidrográficas, tais como: “poluição, secas, enchentes, ação desordenada dos setores usuários de água, desperdício, ausência de gerenciamento da demanda e manutenção insuficiente das estruturas hidráulicas” Agência Nacional de águas (ANA, 2001). Ainda conforme ANA:

As outorgas de direito de uso de recursos hídricos da União obedecem o prazo estabelecido com critério, inclusive para o uso de hidroeletricidade (Art.5º) bem com estabelece as condições das outorgas preventivas (Art. 6º) licitações por parte da ANEEL (Art. 7º) e obrigatoriedade de dar publicidade desses atos.

A água é um recurso vulnerável em suas mais variadas formas na natureza e ela é finita. Para sua conservação, é importante que se tracem diretrizes a respeito. Como foi dito anteriormente, estas leis garantem o uso sustentável e adequado deste recurso.

No Código das Águas, de 10 de julho de 1934, a água subterrânea encontra-se referenciada no Título IV, de acordo com o:

Parágrafo Único – As perfurações desativadas deverão ser adequadamente tamponadas pelos responsáveis, ou na impossibilidade da identificação destes, pelos proprietários dos terrenos onde estiverem localizadas.

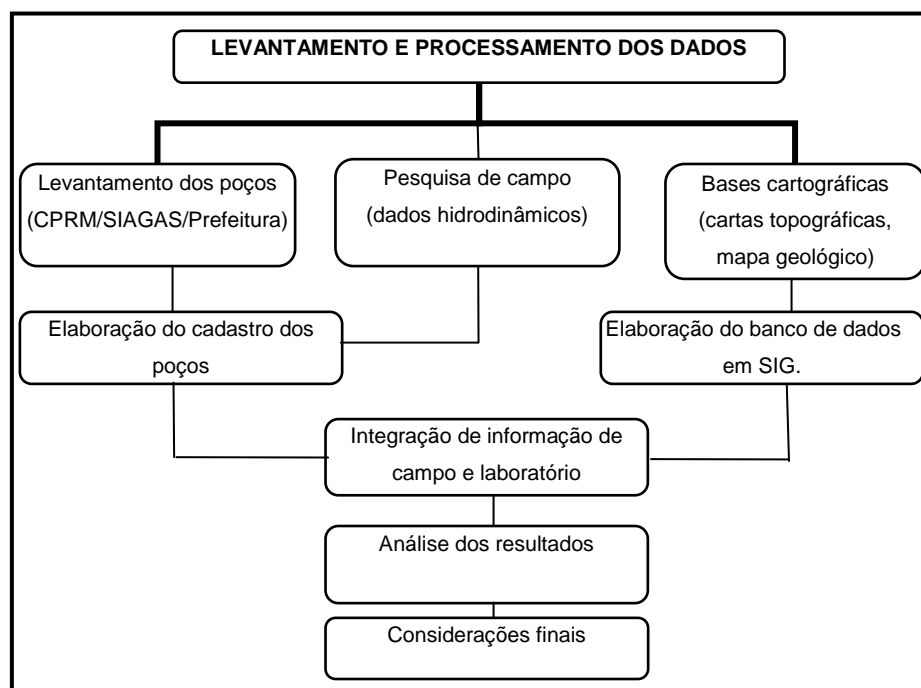
De acordo com o Código Estadual do Meio Ambiente (2000), Art. 134, – é incumbência ao Poder Público manter programas permanentes de proteção das águas subterrâneas, visando ao seu aproveitamento sustentável, e a privilegiar medidas preventivas em todas as situações de ameaça potencial da sua qualidade.

Salienta-se que, de acordo com SEMA (2000), a outorga é um dos instrumentos de gestão das águas subterrâneas juntamente com o Decreto 42.047/2002, desta forma a população deverá ser conscientizada e orientada para o uso adequado da água subterrânea.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Procedimentos metodológicos

Para desenvolver essa pesquisa, utilizou-se como referencial teórico metodológico o método “**GOD**” proposta por FOSTER; HIRATA (1993); FOSTER *et al* (2003). Na figura 06 apresenta-se o organograma das etapas de execução da pesquisa.



Org.: Passos, V. F. dos

**Figura 06 – Organograma das etapas de execução da pesquisa.**

Observando a figura 06 vê-se que a primeira etapa consistiu no levantamento cadastral de informações contidas no SIAGAS/CPRM, realizado diretamente na Prefeitura Municipal de Campina das Missões e em pesquisa de campo. Também nesta etapa realizou-se o levantamento da base cartográfica. Para a execução da base cartográfica, utilizou-se as cartas topográficas do Ministério do Exército das seguintes Folhas: Folha SG-21-Z-D-V-4 MI-2897/4 (Santo Cristo), SH-21-X-B-II-2 MI-2913/2 (Cerro Largo), SH-21-X-B-II-1 MI-2913/1 (São Paulo das Missões) e SG-21-Z-D-V-3 MI-2897/3 (Campina das Missões), todas com escalas de 1:50.000.

Na segunda etapa, fez-se a montagem do banco de dados nos Programas computacionais SPRING para execução de mapeamentos na planilha do EXCEL para o cadastro referente aos poços, reunindo-se as seguintes informações: código do poço, sigla do poço, localidade, vazão em ( $m^3/h$ ), nível dinâmico (m), nível estático (m), profundidade do poço (m), tempo de bombeamento (dia), potência aproximada da bomba (m), diâmetro do poço (polegadas), diâmetro de revestimento (mm), altura manométrica (m), ano em que se terminou a execução do poço, famílias contempladas, nome do proprietário, nome do responsável técnico pela perfuração, especificações da potência, fabricante da bomba submersa, do motor ou do compressor, especificações da proteção sanitária (caixa superior em concreto). Estes dados são representados no anexo 01.

Na terceira etapa, realizou-se a integração dos banco de dados com o cadastro e análises dos resultados. Para tanto, foram simulados vinte e seis (26) poços, pois estes apresentaram todas as informações para os parâmetros exigidos pelo método "**GOD**" FOSTER; HIRATA (1993); FOSTER *et al* (2003). Para dezesseis (16) deles (número OM-01 até GPN-16), buscaram-se algumas informações na Prefeitura Municipal, referente ao nível estático e à vazão.

As coordenadas e a altitude foram obtidas por meio de saída a campo usando-se o GPS "Global Position System" na boca do poço. Para os dez (10) poços restantes, foram utilizadas as informações pré-existentes no cadastro do SIAGAS/CPRM.

Na ultima etapa da pesquisa, valorizou-se edição final dos cartogramas e mapas e desta forma elaborou-se as considerações finais, com sugestões para a população e para a Prefeitura de Campina das Missões.

## 3.2 Procedimentos técnicos

Para a realização desta pesquisa utilizou-se várias ferramentas cartográficas e computacionais para obter as informações necessárias. A seguir, apresentam-se os procedimentos técnicos que foram utilizados em cada etapa da execução desta pesquisa.

### 3.2.1 Cadastro dos poços

Para facilitar a visualização espacial dos vinte e seis (26) poços tubulares que apresentavam todas as informações necessárias para a execução da metodologia “**GOD**” FOSTER; HIRATA (1993); FOSTER *et al* (2003) utilizou-se as letras iniciais das linhas e/ou localidades onde se encontravam.

Informa-se que em três poços necessitou-se introduzir uma terceira letra para diferenciar as localidades, por exemplo: Buriti Norte (BIN-12) e outros poços como o Buriti (BI-11), adotou-se a letra inicial e a final.

Exemplifica-se a partir do quadro 01 as siglas adotados e especializadas em mapas. OM-01 (Oito de Maio); PC-02 (Paca Centro); PN-03 (Paca Norte); NS/C04 (Níquel Sul/Comandai); DS-05 (Doze Sul); NL-06 (Natal); AS-07 (Amadeu Sul); AC-08 (Amadeu Centro); AN-09 (Amadeu Norte); PMS-10 (Primeiro de Março Sul); BI-11 (Buriti); BIN-12 (Buriti Norte); NN-13 (Níquel); BAS-14 (Butiá Sul); GPN-15 (Guanabara Paca Norte); PNF-16 (Paca Norte Fundo).

Informa-se que nos dezesseis poços (números 01 a 16) foram realizadas coletas de informações no local do poço pelo autor. Já os poços de números (17 a 26) do quadro 01 foram obtidos a partir de informações pré-existentis disponíveis no sítio eletrônico da CPRM.

Optou-se por colocar a seguinte sigla indicativa CCM (Cidade de Campina das Missões), para poços tubulares localizados na área urbana. Assim, salienta-se que os poços CCM-17 a CCM-26 do quadro 01 localizam-se na área urbana do município de Campina das Missões.

**Quadro 01 - Cadastro dos poços do município de Campina das Missões que obtiveram dados completos e foram simulados pelo método “GOD”**

Código do poço	Sigla do poço	E	N	NE	Alti. (m)	Linhas/Comunidades	G	O	D	IV	Classe de Vuln.
1	OM-01	706055	6907542	34	154	01. Oito de maio	0,2	0,4 + 0,7= 0,55	0,7	0,077	Desprezível
2	PC-02	708777	6909964	65	181	02. Paca Centro	0,2	0,4 + 0,7= 0,55	0,6	0,066	Desprezível
3	PN-03	708642	6912076	21.87	217	03. Paca Norte	0,2	0,4 + 0,7= 0,55	0,7	0,077	Desprezível
4	NS/C04	711670	6899977	34	179	04. Níquel Sul/Comandaí	0,2	0,4 + 0,7= 0,55	0,7	0,077	Desprezível
5	DS-05	718804	6898549	5.75	222	05. Doze Sul	02	0,4 + 0,7= 0,55	0,8	0,088	Desprezível
6	NL-06	722476	6900677	0	226	06. Natal	0,2	0,4	0,9	0	Desprezível
7	AS-07	715778	6897437	19	168	07. Amadeu Sul	0,2	0,4 + 0,7= 0,55	0,8	0,088	Desprezível
8	AC-08	712595	6904697	0.22	191	08. Amadeu Centro	0,2	0,4	0,9	0,072	Desprezível
9	AN-09	714715	6907790	0.42	227	09. Amadeu Norte	0,2	0,4	0,9	0,072	Desprezível
10	PMS-10	707495	6903982	22	129	10. Primeiro de Março Sul	0,2	0,4 + 0,7= 0,55	0,8	0,088	Desprezível
11	BI-11	710731	6909844	63.49	191	11 .Buriti	0,2	0,4 + 0,7= 0,55	0,6	0,066	Desprezível
12	BIN-12	710662	6911865	65.55	185	12. Buriti Norte	0,2	0,4 + 0,7= 0,55	0,6	0,066	Desprezível
13	N-13	712881	6912627	162.24	195	13. Níquel Norte	0,2	0,4 + 0,7= 0,55	0,6	0,066	Desprezível
14	BAS-14	717087	6897897	17,8	210	14. Butiá Sul	0,2	0,4 + 0,7= 0,55	0,6	0,066	Desprezível
15	GPN-15	709749	6913391	79,2	260	15. Guanabara Paca Norte	0,2	0,4 + 0,7= 0,55	0,9	0,099	Desprezível
16	PNF-16	708641	6914237	23,80	160	16. Paca Norte Fundos	0,2	0,4 + 0,7= 0,55	0,9	0,099	Desprezível
17	CCM-17	711900	6901750	9,3	130	17. 9CM-01-RS	1	0,4 + 0,7= 0,55	0,9	0,495	Média
18	CCM-18	713050	6901800	2	158	18. 9CM-02-RS	1	0,4	0,9	0,36	Média
19	CCM-19	712220	6902115	1,55	155	19. G.68-CM1	1	0,4	0,9	0,36	Média
20	CCM-20	712060	6902170	4,62	140	20G.1498-CM1A	1	0,4 + 0,7= 0,55	0,9	0,495	Média
21	CCM-21	713220	6902060	0	140	21.-CM2	02	0,4	0,9	0	Desprezível
22	CCM-22	712762	6902035	28,75	162	22. G.681-CM3	1	0,7	0,7	0,49	Média
23	CCM-23	712220	6901725	3,34	162	23. G.1472-CM6	1	0,4 + 0,7= 0,55	0,9	0,495	Média
24	CCM-24	711650	6902200	26,19	130	24. G.1650-CM7	1	0,7	0,7	0,49	Média
25	CCM-25	711775	6901950	29,7	130	25. G.1651-CM8	1	0,4 + 0,7= 0,55	0,7	0,385	Média
26	CCM-26	712425	6901780	96,04	161	26. G.1990-CM11	1	0,4 + 0,7= 0,55	0,6	0,33	Média

Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007

Abreviações: EN= Nível estático, Alti.= Altitude, G= Grau de confinamento, O= Ocorrências litológicas, D= Distância da água, IV= Índice de vulnerabilidade



Estes poços foram simulados com o uso do programa SURFER 8, através do interpolador *Krigagem*<sup>3</sup>, e testando-se também outros interpoladores. Dentro do programa SURFER 8, a *Krigagem* é um interpolador matemático que pode ser exato ou interpolador suavizador, o que depende dos parâmetros específicos determinados pelo usuário. Uma vez que os dados dos poços situavam-se dispersos, procurou-se distribuí-los por área sem ter-se a concentração de informações pontuais.

As informações do SIAGAS eram apenas da área urbana, ficando os valores muito agregados pontualmente. Assim, o trabalho de campo visou a buscar informações dispersas em várias áreas do município de Campina das Missões para uso da *Krigagem* GOLDEN (2002).

### **3.2.2 Mapa da espacialização dos poços tubulares**

Para a elaboração do mapa de espacialização dos poços, utilizou-se o mapa base, que foi executado no programa computacional SPRNG 4.3, no qual se inseriu os dados dos poços obedecendo as suas coordenadas UTM, ou seja, colocou-se os poços sobre a área de estudo, assim considerando sua localização espacial.

Para a edição final do mapa da espacialização dos poços usou-se o aplicativo Scarta 4.3 e o programa CORELDRAW 12.

### **3.2.3 Mapa da espacialização altimétrica dos poços**

O mapa da espacialização altimétrica dos poços foi gerado utilizando-se informações provenientes do cadastro dos poços. Estas informações foram

---

<sup>3</sup> *Krigagem*: é a interpolação de dados, sendo um método geoestatístico de malhas muito flexível e, desta forma, prova ser útil e popular em muitos campos.

especializadas com o programa SURFER 8, com o interpolador *Krigagem*, em forma de cartogramas, da seguinte maneira:

- utiliza-se da planilha gerada no EXCEL (arquivo xls) com as coordenadas dos poços e valores das cotas altimétricas coletadas a campo,
- abre-se um “*plot*” no SURFER, clica-se no menu Grid: escolher a opção Data, seleccionar o arquivo (.dat) com os dados, indicar o método de interpolação e aplicar “ok”. Desta forma, o programa automaticamente muda o arquivo dat para arquivo com extensão .Grid.
- no menu *Map* escolhe-se a opção *Contour*: seleccionar o arquivo (.grd) gerado, escolher o intervalo de classes proposto, cores, legenda e aplicar “ok” automaticamente o programa cria um plano contendo as isolinhas dos valores das cotas altimétricas dos poços.

O cartograma gerado, com as cotas altimétricas dos poços, foi exportado para o programa CORELDRAW, onde se realizou a sobreposição com o mapa base, executado no SPRING.

### **3.2.4 Mapa da espacialização do nível estático dos poços**

Na geração do mapa da espacialização do nível estático dos poços procedeu-se da mesma forma que com o mapa da espacialização altimétrica dos poços. Porém neste, simularam-se os níveis estáticos dos poços. Este cartograma gerado, da mesma forma como o anterior, foi exportado no programa CORELDRAW, onde se realizou a sobreposição com o mapa base, executado no SPRING.

### **3.2.5 Mapa da espacialização das vazões dos poços**

Na execução do mapa da espacialização das vazões dos poços teve-se o mesmo procedimento empregado no mapa da espacialização altimétrica dos poços, porém neste simularam-se as vazões dos poços. O cartograma gerado, da mesma

forma como os anteriores, foi exportado no programa CORELDRAW, onde se realizou a sobreposição com o mapa base, executado no SPRING.

### 3.2.6 Mapa da espacialização da superfície potenciométrica dos poços

Para gerar o mapa da espacialização da superfície potenciométrica dos poços agiu-se da mesma forma que para o mapa da espacialização altimétrica dos poços. Porém neste, simulou-se a espacialização da superfície potenciométrica. Este cartograma também como os demais que foram gerados, foi exportado para o programa CORELDRAW, onde realizou-se a sobreposição com o mapa base, executado no SPRING.

### 3.2.7 Mapa da espacialização da vulnerabilidade dos aquíferos

Para identificar a vulnerabilidade dos aquíferos neste trabalho, adotou-se o Método “**GOD**”. Este avalia a vulnerabilidade natural e a contaminação de aquíferos com base dados pré-existentes. Para tanto, utilizam-se dados pré-existentes, sobretudo os que estão disponíveis no banco de dados da CPRM/SIAGAS. Este método se baseia em três parâmetros, **G**, **O** e **D** transcritos a seguir.

**G** = indica o grau de confinamento hidráulico do aquífero, isto é, a relação de como a água subterrânea encontra-se entre partículas porosas ou fraturas em rochas cristalinas.

Para a execução do Método “**GOD**”, segundo FOSTER et al. (2003), são necessárias informações sobre o parâmetro “**G**” Grau de confinamento Hidráulico, sendo que nesta pesquisa dois poços são surgentes isto é, são artesianos (com nota zero). Para este parâmetro, obteve-se informações para dez (10) poços da página eletrônica (do SIAGAS) sendo que estes tem o grau de confinamento livre e os demais dezesseis (16) que foram buscados a campo considerou-se confinados em relação as rochas vulcânicas que envolve, por não haver informações de ensaios de bombeamento.

**O** = indica a ocorrência litológica entre a superfície do terreno e a camada saturada em água, isto é o meio envolvente da água subterrânea. Considera os vários tipos litológicos conforme pode-se observar na figura 07.

O parâmetro "**O**" é equivalente ao tipo de substrato litológico/características litológicas e grau de consolidação da zona não saturada ou confinante. Uma vez que as rochas vulcânicas compõem aquíferos fraturados, SILVÉRIO DA SILVA (2004), comparando as informações do SIAGAS, ex. Solo residual mais Formação Serra Geral, deu-se a nota para as duas unidades (ex.  $(0,4 + 0,7)/2$ ). Para aquelas que inexistiam informações, realizou-se pesquisa geológica em campo, obtendo-se imagens de cada poço. Também foi utilizado o Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul de CARRARO *et al.* (1974) na escala 1:1.000.000. Adotando-se nota 0,7 para as rochas vulcânicas antigas FOSTER; HIRATA (1993) e FOSTER *et al.* (2003).

**D** = indica a distancia do nível da água subterrânea em aquíferos não confinados (livres), ou o teto do aquífero confinado (artesiano).

Para a obtenção do parâmetro "**D**" relativo ao nível estático, foram utilizadas informações do SIAGAS e da Prefeitura Municipal, não sendo medido em campo este parâmetro uma vez que não havia instalado tubo guia em plástico PVC de diâmetro "2 ou 3/4" de polegadas. Nos demais poços visitados não havia espaço para introduzir o cabo de medição de Nível Sonoro Jaciri do Labhidrogeo/UFSM.

A partir destes três parâmetros, obtém-se pelo produto um índice de vulnerabilidade natural, com as seguintes classes: desprezível, que varia entre 0 e 0,1; baixa, que varia entre 0,1 e 0,3; média, entre 0,3 e 0,5; alta, 0,5 e 0,7; e extrema, entre 0,7 e 1,0.

Este método se fundamenta na avaliação da contaminação existente a partir da superfície do terreno até atingir o meio aquífero. Portanto, as notas da figura 07 são obtidas para cada formação geológica. Na região de Campina das Missões, o aquífero faz parte da Formação Serra Geral, podendo apresentar características locais de aquífero livre ou confinado, variando no grau de vulnerabilidade.

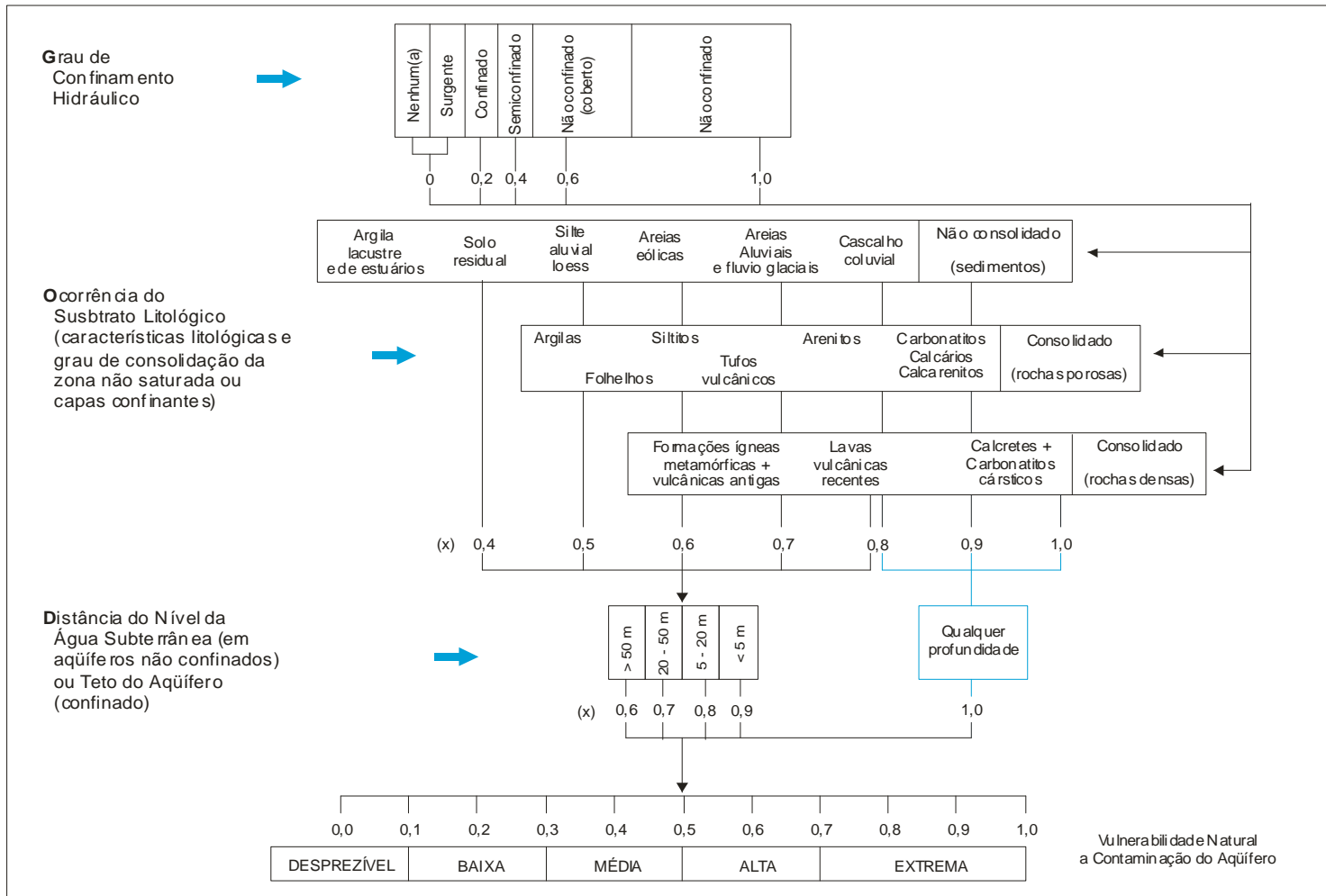
Exemplifica-se uma avaliação executada para obtenção do parâmetro "**G**", aquíferos livres CCM-18 nota 1. Estas informações estão ilustradas no quadro 01. Para o parâmetro "**O**" obteve-se 0,4 uma vez que compõem-se de rochas vulcânicas antigas (Figura 07).

Para se fazer o cálculo do índice de vulnerabilidade do aquífero, deve-se levar em consideração: a) o tipo de ocorrência da água subterrânea; b) as características em termos litológicos e grau de consolidação dos estratos acima da zona saturada; c) a profundidade do nível freático ou o teto do aquífero confinado (FOSTER; HIRATA, 1993).

E no Parâmetro “D” que é referente ao nível estático. Verifica-se o nível estático dos poços para saber o valor e desta forma atribuir notas dos mesmo. Exemplo: Oito de Maio, nível estático 34, quando verificamos os valores no quadro referente ao nível estático percebemos que este se enquadra na faixa entre 20 a 50 metros, desta forma recebe a nota 07 neste parâmetro.

Na figura 07, têm-se as combinações de valores atribuídos de acordo com a situação de cada um dos parâmetros descritos no método.

Assim, foram analisados vinte seis (26) poços de um total de quarenta e cinco (45) visitados e cadastrados, já que apenas vinte e seis (26) apresentavam todas as informações exigidas pelo método.



Fonte: Foster & Hirata (1993) e Foster *et al.* (2003).

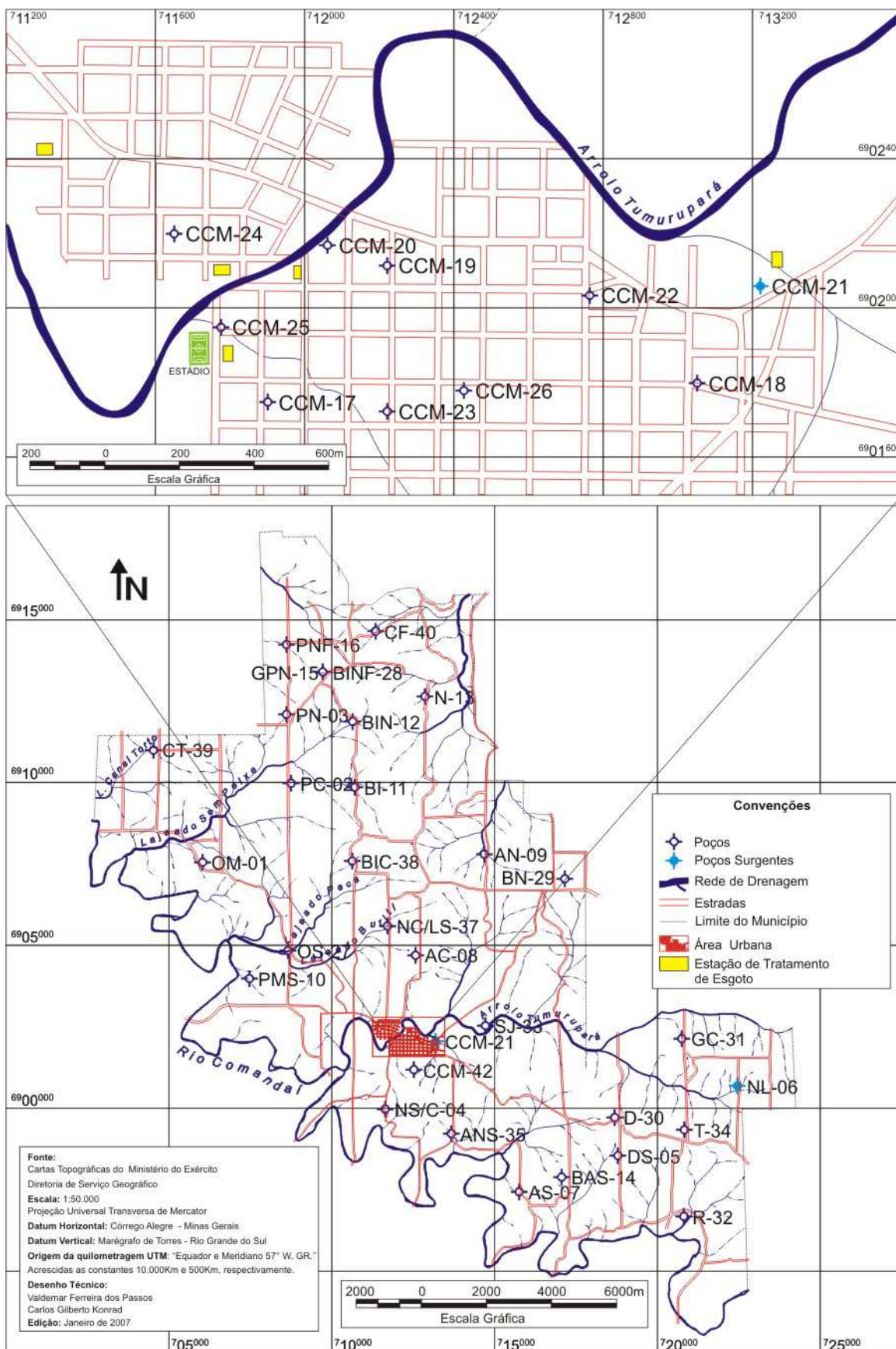
**Figura 07 - Parâmetros para a avaliação da vulnerabilidade**

### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **4.1 Cadastro de poços e parâmetros hidrodinâmicos**

A questão da água é um assunto muito discutido pela sua importância para a vida e atividades econômicas. Desta forma, realizou-se o cadastro de quarenta e cinco (45) poços tubulares na área em estudo, localizados todos na Formação Serra Geral, na Bacia do Paraná, no município de Campina das Missões. Os poços foram locados com base em coordenadas UTM por meio de GPS Garmin.

Também realizou-se um mapa de espacialização dos poços tubulares com sua respectiva rede de drenagem, facilitando desta forma a localização regional dos mesmos e também sua adequabilidade. Verificou-se com o mapa da espacialização que o município possui uma boa rede de drenagem, ou seja, está bem drenado por arroios, sendo que todos com exceção dos arroios ao norte do município o fluxo das águas orienta-se na direção leste-oeste. Percebe-se também que a maioria dos poços tubulares no interior do município se localizam muito próximos de arroios, às vezes, apenas alguns metros de distância (Figura 08).



**Figura 08 - Mapa da espacialização dos poços tubulares do município de Campina das Missões/RS**



No decorrer deste trabalho, percebeu-se várias irregularidades em relação à proteção das águas subterrâneas em função dos poços tubulares. Na saída a campo, notou-se que os poços se encontram às vezes em lugares inadequados e sem a devida proteção como prevê o Decreto nº. 42.047, de 26 de dezembro de 2002 (Figura 09).



Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007

**Figura 09 - Poço tubular nº 11 da Linha Buriti (BI -11), falta de cercamento e laje de concreto, localiza-se numa lavoura de milho**

Em relação à cota altimétrica do terreno ou altitude na “boca do poço”, este se encontra numa altitude menor do que a estrebaria, como exemplo tem-se o poço nº 11 da Linha Buriti. Além disso, este poço se encontra no meio de uma lavoura, pelo que se vê na figura 09. Nesta lavoura, segundo proprietário foi aplicado veneno para controle das ervas daninhas.

Informa-se que os poços tubulares construídos neste local seguem o padrão para rochas duras, sendo inicialmente colocado tubo em ferro calandrado até uma profundidade de cerca de três metros. Assim, a falta de revestimento e pré-filtro (areia granulada) pode deixar o poço com maior risco de contaminação por substâncias orgânicas (esgotos domésticos ou estalagens para animais, pocilgas, estrebarias) ou inorgânicas (nitratos, agroquímicos não analisados mensalmente pela CORSAN). Este fato pode ser visto em outros poços, o que mostra um despreparo por parte das

comunidades e dos órgãos governamentais. Ainda falta a fiscalização por órgãos competentes, cumprindo, desta maneira, este decreto. (Figuras 09 e 10).

Têm-se ilustradas outras imagens de poços em anexo, que também mostram o problema da aplicação indevida de agrotóxicos em lavouras nas imediações de poços tubulares sem perímetro imediato de proteção (anexo 02). Nesta pesquisa, não foi possível uma avaliação destes parâmetros em função de seus custos de análises. Informa-se que a CORSAN realiza semestralmente uma análise dos poços tubulares sob sua responsabilidade.

Percebe-se também que existem no município, poços localizados muito próximos a açudes ou arroios, que, com o seu intenso rebaixamento do nível da água do poço através do bombeamento, pode causar o reabastecimento por águas contaminadas, na superfície do terreno por atividades antrópicas alterando assim provavelmente as suas propriedades químicas (Anexos 02). Percebe-se que estes poços estão fora das normas brasileiras exigidas na sua construção, sendo que para captação de água subterrânea, se estabelecem procedimentos técnicos para o acesso seguro aos mananciais subterrâneos, o que contribui para a extração de água de modo eficiente e sustentável Associação Brasileira de Normas Técnicas, (ABNT-12244 de 08/2006).

Por esta razão uma vez que este Decreto for cumprido em sua totalidade, com certeza haverá melhoras na qualidade da água que é consumida neste município em estudo, evitando desta forma doenças provindas de águas contaminadas. Assim, a população Campinense teria menos gastos com remédios e médicos, levando desta forma uma vida muito mais saudável.



Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007

**Figura 10 - Poço tubular nº 36 da linha Pio X (BIS/PX – 36), falta de cercamento e laje de concreto**

Tem-se, por outro lado, a compensação de se encontrar alguns poços que estão em conformidade com as normas (poço nº 44). Desta forma, observa-se que este seria um dos poços que mais se enquadra nas normas, pois possui um cercado de acordo com o Decreto nº 42.047/2002 que evita a aproximação de animais, além de se encontrar com laje de proteção em concreto na “boca do poço” (Figura 11), de acordo com a norma da ABNT - 12244/2006.



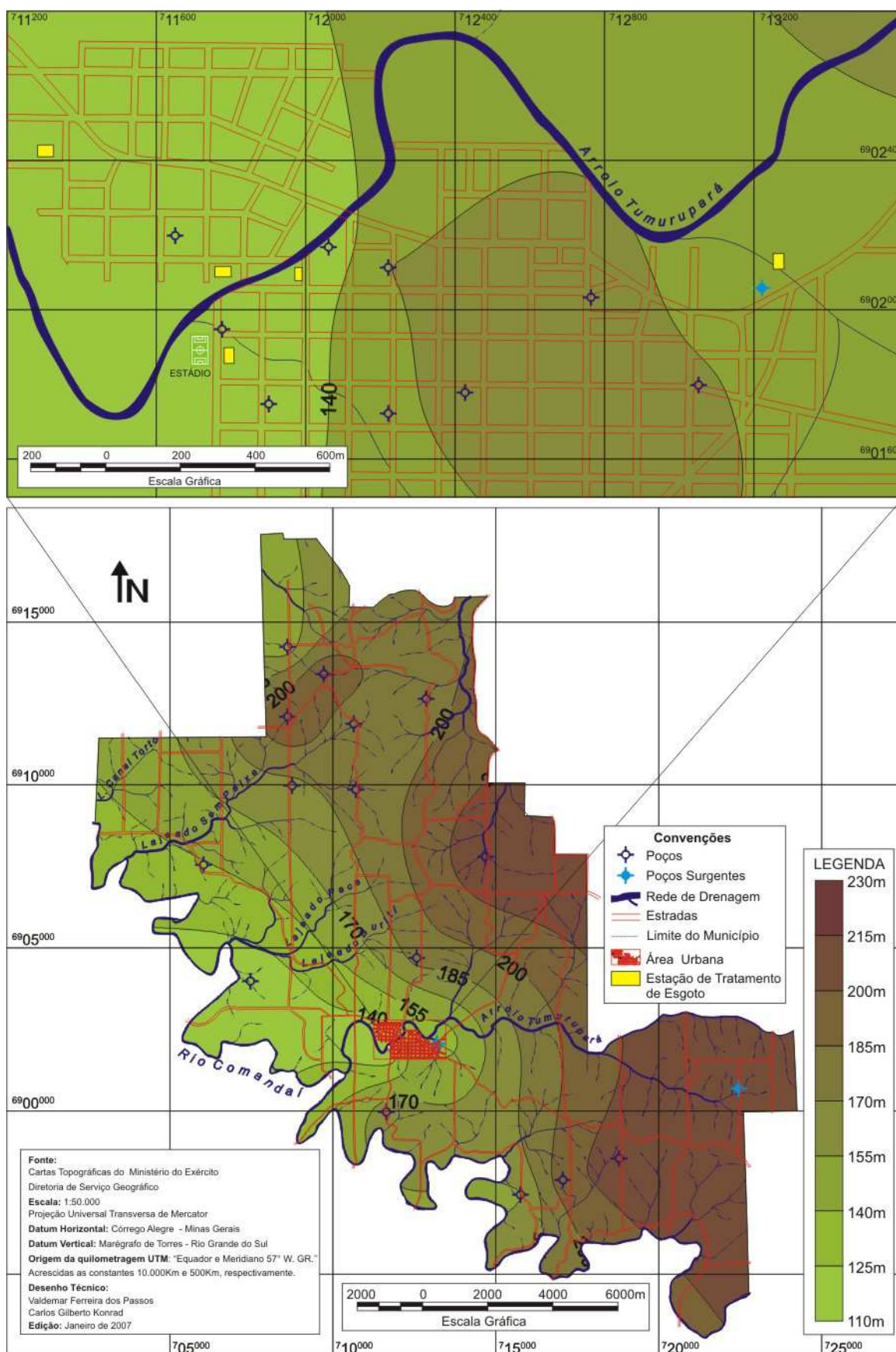
Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007

**Figura 11 - Poço tubular nº 44 da Linha Primeiro de Março Centro, (PMC – 44), se enquadra nas normas.**

Ao se analisar o mapa de altimetria, pode-se notar que as maiores altitudes estão localizadas a leste do município, representado com uma cor mais forte (marrom), abrangendo os poços (DS-05, NL-06, AN-09), sendo suas altitudes superiores a 230m, detalhados na área urbana. As cotas altimétricas inferiores estão a oeste do município em estudo. Assim, nota-se uma pendente de leste para oeste, onde se encaixaram o Arroio Tumurupará e o Rio Comandai, em direção oeste ao Rio Uruguai, Bacia Hidrográfica U – 30.

No local de estudo, observam-se áreas com cotas mais elevadas ao norte, nas localidades de Paca Norte e Guanabara/Paca Norte, que quase coincidem com Buriti Norte Fundos. Infere-se ainda que o Arroio Tumurupará, na área central do município, encontra-se encaixado em falhas geológicas de direção nordeste e noroeste (Figura 12).





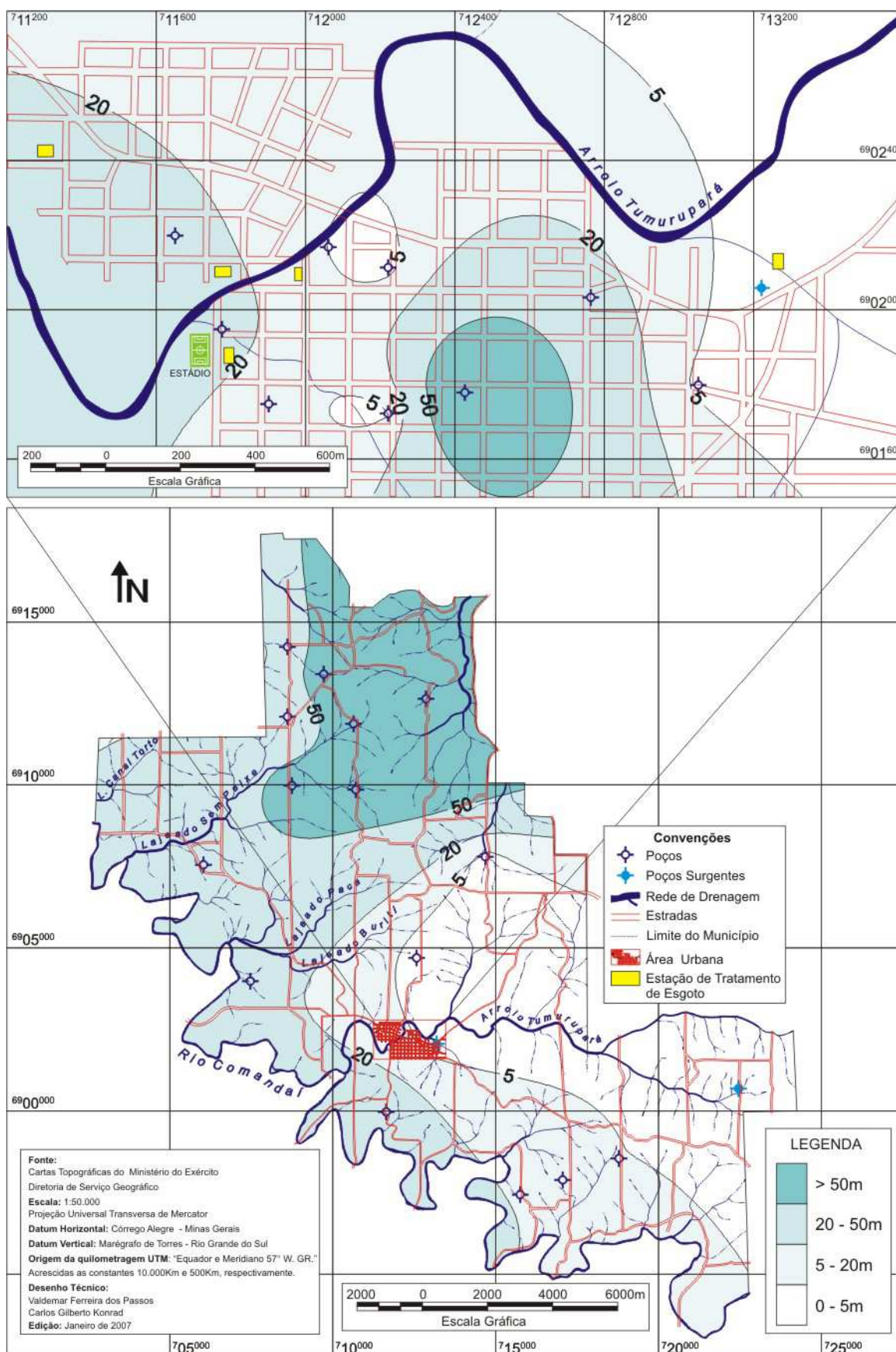
**Figura 12 - Mapa da espacialização altimétrica dos poços tubulares no município de Campina das Missões/RS**

Com relação à profundidade do nível da água dos vinte e seis (26) poços avaliados, o nível estático variou entre zero (poço surgente/nascente) nº. 6 (NL- 06) no norte da área de estudo, até em seu nível máximo de 162,2m no poço nº.13 (N -13), na Linha Níquel, situada no extremo norte do campo de pesquisa (representado pelas cores azuis intensas). Assim, observando-se os poços com níveis mais rasos, estes se localizam a leste, junto às cabeceiras do Arroio Tumurupará.

Referente ao nível estático, percebe-se que têm-se 5 (cinco) poços localizados na zona urbana com o nível estático de até 5m, isto é, altamente susceptíveis a contaminação. Da mesma forma, na zona rural, há três (3) poços que apresentam o mesmo nível estático, mas com riscos diferenciados devido a sua localização.

Na área rural, na margem direita do Arroio Tumurupará, mais especificamente ao Leste, encontra-se um poço próximo do canal principal da rede de drenagem, com nível estático zero, ou seja, surgente e com altitude de 226m em relação ao nível do mar (Figura 13).

Desta forma, com o mapa da espacialização dos níveis estáticos dos poços, foi possível fazer uma análise geral na área de estudo, tornando mais fácil a localização adequada para a perfuração de um poço tubular. Portanto quanto maior o nível estático significa que mais distante está o nível da água da superfície, e em situação favorável de não ser atingido por contaminante.



**Figura 13 - Mapa da espacialização do nível estático dos poços tubulares no município de Campina das Missões/RS**

Os poços com maiores vazões estão localizados no norte da área de estudo, ficando assim com vazões maiores que  $19\text{m}^3/\text{h}$ . No oeste da área de estudo localizam-se as menores vazões que são menores  $1\text{m}^3/\text{h}$ . Na área central de estudo encontram-se as vazões intermediárias, que são maiores  $1\text{m}^3/\text{h}$ , mas menores que  $19\text{m}^3/\text{h}$  (Figura 14).

O poço com a maior vazão avaliado foi o AN-09 (Quadro 01). Este também se localiza na maior altitude, mesmo assim não é um poço profundo, embora quase surgente.

A avaliação das vazões tem sua importância, pelo fato de dar uma idéia da capacidade de água que o poço pode fornecer. Desta forma, pode ser feito um controle no consumo da água.

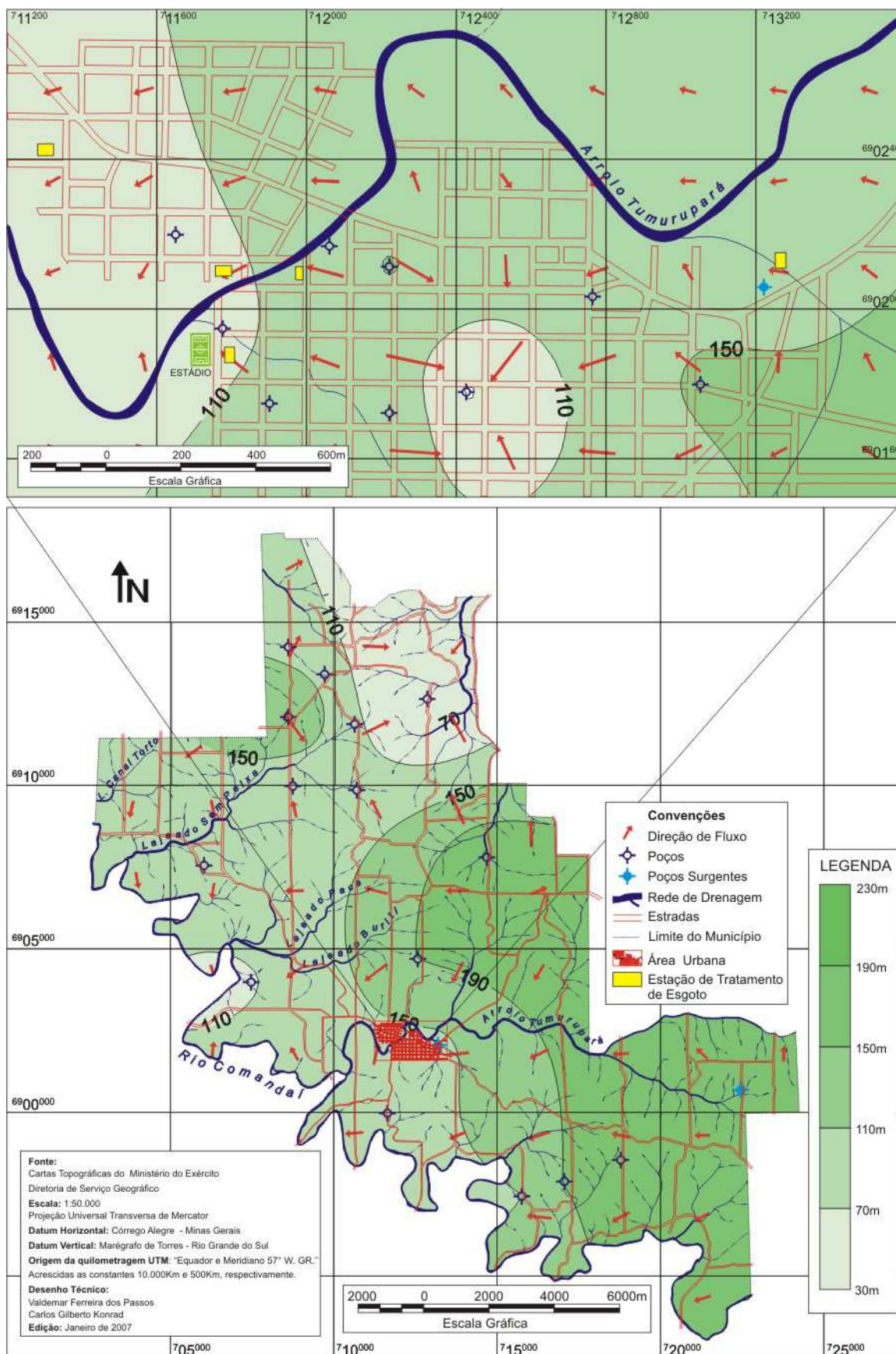




Quanto à simulação da superfície potenciométrica de vinte (26) poços tubulares, constatou-se que a direção geral de fluxo subterrâneo mostra uma tendência de leste para oeste e coincide com direção geral dos cursos d'água superficiais que deságuam a oeste no Rio Uruguai indicando uma contribuição do aquífero para sua manutenção. Observou-se que os poços nascentes ou surgentes, poço nº. 06 da Linha Natal (NL-06), localiza-se a leste, o poço nº. 21 (CCM – 21), no centro da área de estudo dentro do perímetro urbano, coincide com alto curso do Arroio Tumurupará, antes de drenar a área urbana central, portanto oferecendo um menor risco de contaminação antrópica.

Quanto à superfície potenciométrica, constata-se um fluxo sub-superficial ou subterrâneo que se direcionam em favor da rede de drenagem (Figura 15). Isso significa que a orientação do fluxo de águas subterrâneas e fluviais é coincidente. Constatou-se ainda que o fluxo da superfície potenciométrica se direciona da maior intensidade para a menor.

Desta forma, infere-se que as águas subterrâneas encontram-se em condições de aquíferos confinados com pressão artésiana, indicando inclusive, em certos locais direção contrária às cotas altimétricas mais elevadas, comparando-se a superfície potenciométrica com a altimetria da área urbana (área em detalhe nas figuras 12 e 15), junto à área central mais precisamente na localização do poço nº. 26 (CCM – 26), (Figura 12 e 15). Nota-se, também na área urbana, a existência de um baixo índice potenciométrico e um indicativo de receptor de águas subterrâneas (Figura 15).



**Figura 15** Mapa da espacialização da superfície potenciométrica dos poços tubulares no município de Campina das Missões/RS

## 4.2 Identificação da vulnerabilidade dos aquíferos no município de Campina das Missões/RS

Para identificar a vulnerabilidade dos aquíferos no município de Campina das Missões utilizou-se para a simulação método “**GOD**” vinte seis (26) poços.

O quadro (01) ilustra as informações obtidas em trabalhos de campo no município de Campina das Missões e que foram utilizadas para a geração dos cartogramas, que vão de um (1) (OM-01) até dezesseis (16) (GPN-16). O quadro também mostra os dez poços que tiveram as informações completas no cadastro do SIAGAS, sendo estes utilizados para a realização dos cartogramas, completando desta forma os vinte seis (26) poços. Neste quadro, temos também o cálculo da vulnerabilidade dos poços que obtiveram a informação do nível estático, de acordo com o método de “**GOD**” FOSTER *et al.*(2003). Tem-se, em anexo, um quadro onde estão cadastrados os poços visitados, inclusive aqueles que estiveram com os dados incompletos, totalizando quarenta e cinco (45) poços cadastrados.

O quadro 01 mostra também a classe de vulnerabilidade dos poços, desta forma pode-se ter maior conhecimento das áreas susceptíveis a contaminação, e assim ser tomado um cuidado maior para a perfuração de poços tubulares.

Informa-se que o município possui dois poços surgentes, um localizado na cidade e outro na zona rural. Este que se localiza na área urbana possui uma altitude de 140m, sendo que aquele que se localiza na zona rural tem altitude de 226m, ficando, assim, em segundo lugar com maior altitude em relação aos poços analisados (Figura 16).





Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007

**Figura 16 - Ilustração do poço tubular Surgente nº 6 da linha Natal (NL – 6), falta de cercamento**

A figura 16 ilustra a situação atual do poço da linha Natal. Percebeu-se que ele não está atendendo às normas de Proteção conforme prevê o Decreto nº. 42.047, de 26 de dezembro de 2002. Segundo tal Decreto, conforme art.30,

Nas áreas de proteção de poços e outras captações subterrâneas, será instituído um perímetro imediato de Proteção Sanitária que abrange um raio mínimo de 10m (dez metros) a partir do ponto de captação, o qual deverá ser cercado e protegido, devendo seu interior estar resguardado da entrada ou filtração de poluentes.

O poço deveria estar cercado para evitar que o gado pisoteie ao redor dele, ou ainda libere urina e/ou fezes que podem alterar a qualidade da água com nitratos ou coliformes (microorganismos). O mapa de vulnerabilidade resultou depois de se ter aplicado o método “**GOD**”. Com o resultado deste cálculo, foi possível gerar o mapa de vulnerabilidade.

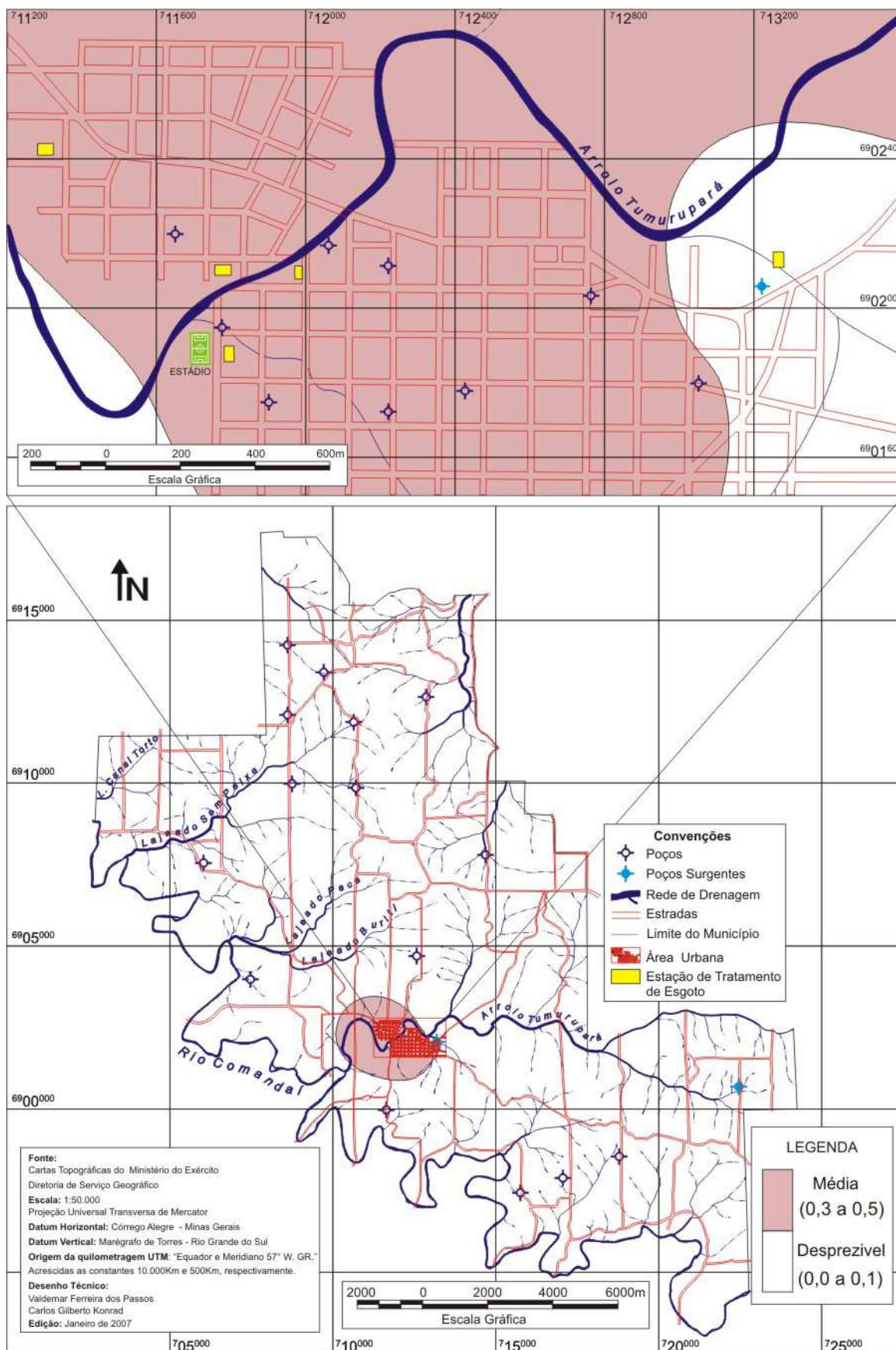
Analisando a figura 08 que possui as siglas dos poços e comparando-se com a figura 17 notou-se que os poços nº 17 (CCM – 17); nº 18 (CCM - 18); nº 19 (CCM – 19); nº 20 (CCM – 20); nº 22 (CCM -22); nº 23 (CCM – 23); nº 24 (CCM – 24); nº 25 (CCM – 25) e nº 26 (CCM – 26), localizados na área urbana, apresentaram classe de vulnerabilidade média. Estes poços representam um percentual de 36% da área em estudo. Desta forma constata-se que 64% apresentam classe de vulnerabilidade

desprezível, como mostra o quadro 01. Estes poços praticamente todos eles se localizam na área rural, exceto o poço nº 21(CCM – 21), nota-se também que o mesmo se localiza junto a cabeceiras do Arroio Tumurupará no setor leste da área urbana (Figura 17).

Não se sabe a causa da CORSAN ter desativado os poços da área urbana, mas, com a instalação das cinco ETES (representado na figura 17 na área em detalhe), o tratamento dos esgotos é elevado, o que contribui para melhorar a qualidade da água do Arroio Tumurupará que abastece a cidade. Ressalta-se que deveria ser reconsiderado a questão da desativação dos poços tubulares, uma vez que entenda-se que a água subterrânea seja mais sadia com menos defensivos agrícolas do que a água superficial.

A figura 17, que representa a espacialização cartográfica da vulnerabilidade natural dos aquíferos tornou possível a identificação das áreas mais vulneráveis frente a atividades com potencial de poluição. Desta forma tem-se uma ferramenta de grande importância para a área de estudo, pois através da representação cartográfica podemos localizar os locais mais apropriados para perfuração de poços e a instalação de hospitais, de industriais, de aterros sanitários, protegendo assim o meio ambiente e os sistemas aquíferos de possíveis contaminações.

Informa-se que estes resultados serão repassados para o órgão de Planejamento Ambiental do município de Campina das Missões, podendo ser atualizados em trabalhos futuros, podendo ser utilizados nos planos de uso e ocupação da terra em plano diretor a ser executado.



**Figura 17 - Mapa da espacialização da vulnerabilidade dos poços tubulares no município de Campina das Missões/RS**

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pelo que foi exposto nesta pesquisa, pode-se afirmar que os recursos hídricos subterrâneos da área estudada merecem uma atenção especial. O município está muito bem drenado por cursos d'água de pequeno porte, sendo que o rio Comandaí faz o limite sul do município com Salvador das Missões e São Paulo das Missões. A desativação dos poços tubulares na área urbana do município de Campina das Missões fez com que a população da cidade se abastecesse de água do Arroio Tumurupará. A água do arroio é tratada pela CORSAN. Assim, chama-se a atenção para o fato de que, no município, é desenvolvida a agricultura e, neste tipo de cultivo, utiliza-se grande quantidade de agroquímicos, o que pode ser uma fonte potencial de contaminação dos recursos hídricos superficiais e/ou subterrâneos.

No município em estudo, o que mais se cultiva é a soja, o milho e outros produtos de subsistência. E para esta atividade recorrem ao plantio direto, sendo usado para esta técnica um veneno para a secagem de ervas daninhas. Neste caso, os agroquímicos podem ser considerados poderosas fontes difusas de contaminação de aquíferos.

Reitera-se o fato de que cerca de 36% dos poços estão situados em locais de classe de vulnerabilidade média, muitas vezes sem a proteção adequada que é exigida por lei (Decreto 42.047/2002). Alguns poços se localizam em lugares impróprios, às vezes, podendo comprometer a qualidade da água, exigindo-se, para tanto, que sejam feitas novas análises da água para constatar esta hipótese. Percebeu-se em pesquisa de campo que foram instalados poços abaixo de pocilgas, estrebarias e em banhados. Este fato reforça a tese de que estas áreas merecem cuidados especiais sob o ponto de vista da conservação dos mananciais hídricos subterrâneos, para futuramente não se ter um problema maior de saúde pública,



mesmo que 64% dos poços avaliados obtiveram classe de vulnerabilidade desprezível (Anexo 01).

Pode-se ver que o método utilizado “**GOD**” mostrou ser eficiente para esta pesquisa. Torna-se um importante instrumento para o planejamento ambiental, e, poderá ganhar mais força na medida em que for aplicado em paralelo com outras técnicas, como as que estão relacionadas ao Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Neste trabalho, com auxílio dos aplicativos SPRING 4.3 e SURFER 8 e para a edição final o CORELDRAW 12, foi possível a obtenção de diversos cartogramas, espacializando-se diversas informações (Figuras 08,12, 13, 14, 15 e 17).

O próprio cadastro de poços do SIAGAS continha apenas dez (10) poços com informações completas para a aplicação do Método “**GOD**”. Agregando-se as informações dos poços da Prefeitura Municipal e da pesquisa em campo, cadastrou-se um total de quarenta e cinco (45) poços. Assim, a Prefeitura Municipal e os órgãos ambientais estarão atualizando seu cadastro de informações de acordo com SEMA (2000, Art.134), o que poderá servir como subsídios técnicos, georreferenciados em mapas tanto da área urbana quanto da área rural, para um planejamento e gestão do uso e ocupação dos solos bem como do uso dos recursos hídricos subterrâneos.

Salienta-se que não foram realizadas avaliações detalhadas da qualidade físico-químicas das águas neste trabalho. Estas poderão ser realizadas em trabalhos posteriores com auxílio da EMATER e da Vigilância Sanitária municipal, o que será muito útil para a verificação de possíveis agentes degradantes da qualidade das águas subterrâneas, na área de estudo, especialmente nas áreas de maior vulnerabilidade, mapeadas e discutidas ao longo desta pesquisa.

As limitações encontradas para aplicação do método “**GOD**” Foster et al. (1988), Foster & Hirata (1993) e Foster et al (2003), foram basicamente relacionadas à carência de informações, bem como a inexistência de tubo guia, com diâmetro de duas polegadas para introdução do medidor de nível de água, sonoro, tipo Jaciri, dotado com cabo de 100m. Portanto, não foi possível fazer avaliação do nível estático (parâmetro de **D** do referido método) em alguns dos poços.

Dos quarenta e cinco (45) poços estudados no município de Campina das Missões/RS, apenas nove (9) estão cadastrados pela CORSAN e dois (2) pela SUDESUL – Superintendência de Desenvolvimento da Região Sul (extinta). Os

restantes estão aos cuidados da prefeitura Municipal e nenhum deles teve o cadastro completo até o ano de 2006. Observou-se que os cadastros são incompletos no que diz respeito aos aspectos hidrodinâmicos dos poços, bem como dos construtivos. Assim, dos onze (11) poços cadastrados, no SIAGAS somente um (1) destes estava com o cadastro completo. Entretanto, dez (10) desses poços possuem o nível dinâmico e estático que era de vital importância para a realização do método “**GOD**”.

Ressalta-se que o nível estático é um dos fatores de maior peso da metodologia utilizada, o que o torna um dos mais importantes. Da mesma forma, para a aplicação deste método, é importante que sejam identificados o maior número de poços possíveis, uma vez que a identificação do nível estático está diretamente relacionado a estes.

A conservação dos recursos hídricos exige programas claros, aplicação de metodologias eficientes e, antes de tudo, a conscientização de que a água potável é um recurso finito, que poderá ficar escassa. Para tanto, afirma-se que este trabalho servirá como subsídio para órgãos públicos de planejamento, como prefeitura municipal, EMATER, sindicatos rurais, comitê de bacia hidrográfica, governo do Estado, Programa Pró-Rio Uruguai/Aqüífero Guarani também para os que trabalham com a visão de conservação ambiental (ONG's) e o bem estar social na gestão integrada dos recursos hídricos.

Precisa-se primar pela qualidade da água, que é o principal ponto de discussão, pois se refere à qualidade de vida da população não só local como em todas as áreas abrangidas pelo Aqüífero Serra Geral/Guarani. Desta maneira, é indispensável uma reavaliação dos poços tubulares e/ou rasos (nascentes), para se estudar as condições sanitárias físico-químicas e bacteriológicas atuais, protegendo a qualidade deste manancial hídrico para as gerações futuras.

Por fim, pode-se afirmar que alcançou-se os objetivos a que se propôs inicialmente nesta pesquisa. O cadastro tornou-se possível com as informações que foram obtidas a campo. E, desta forma, tornou-se possível avaliar a vulnerabilidade de contaminação do Aqüífero. Com o levantamento das informações, chegou-se a notar as áreas que deverão ser protegidas, conservadas ou recuperadas, por serem de vital importância na recarga do Aqüífero Serra Geral e/ou Sistema Aqüífero Guarani.

Espera-se, que este levantamento e mapeamento seja importante para a população de Campina das Missões e desta forma tome consciência da qualidade da água que está consumindo, além de identificar os riscos de consumir água sem conhecimento da sua qualidade física-química e bacteriológica. Recomenda-se que a CORSAN realize análises de agroquímicos nas águas que capta, trata e distribui para a população. Assim, a população campinense terá uma água com uma qualidade melhor, uma vez que realizadas análises poderão também ser feitas prevenções, ou seja, tratamento da mesma se for o caso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Projeto Aquífero Guarani, 2001. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/guarani>. Acesso em jan.de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12244. **Construção de poço tubular para captação de água subterrânea**. Agost. de 2005, 3 p.

\_\_\_\_\_. NBR 12212. **Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea**. Agost. de 2005, 10 p.

ASMUS, H. E. Uma Visão Crítica da Metodologia para Levantamento Ambiental costeiro no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 2., 1991, Londrina: **Anais...**1991. Londrina: 1991.

AZEVEDO, L.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos e ambiente**: uma introdução. Santa Maria: Ed. Pallotti, 2004. 100 p.

BRASIL. Ministério do Exército. Diretoria do Serviço Geográfico. **Carta topográfica de Campina das Missões/RS**. Folha- SG. 21-Z-D-V-3, MI-2897/3: Escala 1:50.000. 1981.

\_\_\_\_\_. **Carta topográfica de Cerro Largo/RS**. Folha SH-21-X-B-II-2. MI- 2913/2: Escala 1:50.000. 1978.

\_\_\_\_\_. **Carta topográfica de Santo Cristo/RS**. Folha SG-21-Z-D-V-4. MI- 2897/4: Escala 1:50.000. 1981.

\_\_\_\_\_. **Carta topográfica de São Paulo das Missões/RS**. Folha SH-21-X-B-II-1. MI- 2913/1. Escala 1:50.000.1981.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518** de 25 de março de 2004. <disponível em: <http://www.ministeriosaude.gov.br> Acesso em 30/06/2005.

BORGHETTI, N. R. B; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **Aqüífero Guarani**: a verdadeira integração dos países do Mercosul. Curitiba, 2004. 214 p.

CARRARO, C. C. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul**, escala 1:1.000.000, Mapa nº 8. Porto Alegre: 1974. Instituto de Geociências, UFRGS, p. 29 + mapa.

CAVALCANTI, I. N. Atividades Impactantes em Áreas de Exploração de Águas subterrâneas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 12. ; SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE, 4., 2001, Olinda, **Anais...** Olinda: ABAS, 2001. p. 67.

CEDERSTROM, D. J. **Água Subterrânea**: uma introdução. Rio de Janeiro: MEC – USAID, 1964. 280 p. (Centro de publicações técnicas aliança, Missão Norte-Americana de Cooperação Econômica e Técnica no Brasil).

COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS. **Poços tubulares** Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br> . Acesso em: 02 março de 2007.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 16. Os aquíferos são corpos hidrogeológicos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, 2001.

CONSELHO NACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS. Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.cnrh-srh.gov.br> . Acesso em Jan. de 2007.

CORREIO DO POVO. **Saneamento básico abaixo da média nacional**. 18/02/2007. p.03.

DUARTE COSTA, W. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações uso e gestão das águas subterrâneas. Fortaleza: CPRM, 1997. p. 341-365.

FERNANDES, J. C.; GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: Edufba, 2002. 457 p.

FIBGE, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1986. Levantamento dos Recursos Naturais, V. 33 folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim, p. 791 + mapas.

FOSTER, S.; HIRATA R. **Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas**: uma metodologia embasada em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. 91 p.

FOSTER, S. et al. **Protección de la calidad del agua subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales**. Washington: Banco Mundial, 2003. 115 p.

GUIMARÃES, Mauro. **Educação ambiental**: no consenso um embate? Campinas: Papirus, 2000. 94 p.

HEATH, R, C. **Hidrologia básica de águas subterrâneas**, Denver: 1983. 86 p.

HIRATA, R. C. A. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. Instituto Geológico, CETESB, 1997. 128 P.

IBGE. **População do Brasil em 1991**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acesso em jan. de 2006.

\_\_\_\_\_. **População de Campina das Missões**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acesso em jan. de 2007.

INPE. **Geoprocessamento**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/> Acesso em Jan. de 2007.

Juan de Dios Mattos V. **Analisis economico de la propuesta de modificacion a la ley de águas de 1906 – Republica de Bolivia**. Montevideo: UNESCO-PHI, Edición Internet 1998. Disponível em: <http://www.unesco.org.uy/>. Acesso em Jan. de 2007.

LANDIM, P. M. B. **Introdução à geoestatística**. Rio Claro: Unesp, 1988. 144 p.

LANNA, A. E. Gestão dos Recursos Hídricos. In: **Hidrologia, ciência e aplicações**. Porto Alegre: Editora da Universidade, ABRH, EDUSP, 1993. p. 728-768.

LEITE, C. E. S.; MÖBUS, G. Vulnerabilidade Natural à Contaminação dos aquíferos da Região de Rochas Sedimentares da Bacia do Rio Mundaú/Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUA SUBTERRÂNEAS, 10., 1998 São Paulo. **Anais...** São Paulo, ABRH, 1998. 8 p.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia geral**. 3. ed. São Paulo: Nacional, 1970. 487 p.

MAZIEIRO, L. **Levantamento da vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos no Município de Dona Francisca – RS**. 2002. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

O CORREIO DA UNESCO. Rio de Janeiro, FGV/Unesco. Maio 1996, fev. 1999 e maio, 1999.

OSÓRIO, Q. da S. **Vulnerabilidade natural dos aquíferos e potencial de poluição das águas subterrâneas na bacia hidrográfica de Arroio Arenal**, 2002. Trabalho de Graduação A (Licenciatura em Geografia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002. 53 p.

REBOUÇAS, A. C. A Inserção da Água Subterrânea no Sistema Nacional de Gerenciamento. I– **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7 n.4, p. 39-50. 2002.

\_\_\_\_\_. **Águas Subterrâneas**. São Paulo: USP, 1999.

RIO GRANDE DO SUL – Convênio SOPS – SEMA – DRH/RS – CPRM, **Projeto mapa hidrogeológico do Rio Grande do Sul**, Escala 1:750.000. 2005 <disponível em <http://www.sema.rs.gov.br>. Acesso em 30 de Julho/2007, p. 71. + mapa.

\_\_\_\_\_. – **Decreto nº. 42.047** de 26 de dezembro de 2002. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, artigo 82, inciso 5 Constituição do Estado. 2002.

ROSS, J. L. S. A Análise da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 8, 1994.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Código estadual Do meio ambiente: Art. 120, § 2º e 5º; Art. 134.** Porto Alegre: Rio Grande do Sul. 2000.

\_\_\_\_\_. **Regiões e bacias hidrográficas.** Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br>. Acesso em dez. de 2006.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Consumo médio de água por pessoa /dia.** Disponível em: [www.sbrt.ibict.br/upload/sbrt5864](http://www.sbrt.ibict.br/upload/sbrt5864) Acesso em 20 de agost. de 2007.

SIAGAS. **Águas subterrâneas.** Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/> Acesso em 16/01/2007.

SCHONS, M. I. **Qualidade de vida no espaço rural do município de Campina das Missões – RS.** 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SILVÉRIO DA SILVA, J. L. Águas subterrâneas, **Jornal A RAZÃO**, Coluna Opinião, de 30/05/2000, p. 02.

SILVERIO DA SILVA, J. L., FLORES E. M. M., BERTAZZO, V. M., Estudo hidroquímico das águas subterrâneas da região de Santa Maria, no RS. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL , 27.,2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2000, p. 10. 1 CD-Rom

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



SILVERIO DA SILVA, J. L.; MAZEIRO, L.; SANTOS, E. F. dos. **Impactos da atividade humana sobre O solo** – Aquíferos conhecendo os recursos hídricos subterrâneos. Santa Maria UFSM, 2004. p. 145-167.

SURFER & Golden Software, Inc. **User's Guide**. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers. February, 2002. 640 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicações. Porto Alegre: Ed. da Universidade Federal Rio Grande do Sul 1993.

VEIGA da CUNHA, L. **Perspectivas da gestão da água para o século XXI**: desafios e oportunidades. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, 2002. p. 65-73.

ZIMBRES, E. **Água subterrânea**. Disponível em: <http://www.meioambiente.pro.br/>. Acesso em 09/01/2007.

## **ANEXOS**

**ANEXO 01 – Banco de dados sobre o cadastro de poços tubulares do município  
de Campina das Missões/RS**

Código do Poço	Sigla do Poço	Localidades/linhas	Vazão (m³/s)	Tipo de Poço (tubular)	Nível Dinâmico (m)	Nível Estático (m)	Altitude (m)	Coordenadas UTM (E)	Coordenadas UTM (N)	Profundidade do Poço (m)	Tempo de Bombeamento/dia (horas)	Potencia Aprox. HP	Profundidade da Bomba/m	Diâmetro do Poço Polegadas	Revestimento (m)	Altura manométrica (m)	Ano Término	Famílias Contempladas	Tipo Aquífero	Superf. Pot. (m)	G (Grau de confinamento)	O (Oc. Litol.)	D (Dist. da Água)	Índice Vulnerabilidade.	Classe de vulnerabilidade	
01	OM-01	Oito de Maio	4,8	T	34	34	154	706055	6907542	104	-	-	-	6	20	50	1986	-	C	120	0,2	0,55	0,7	0,077	Desp.	
02	PC-02	Paca Centro	3,6	T	70	65	181	708777	6909964	183	-	-	-	6	3	50	1991	25	C	116	0,2	0,55	0,6	0,066	Desp.	
03	PN-03	Paca Norte	16	T	24,05	21,87	217	708642	6912076	187	12:00	10	50	6	-	-	1999	-	C	195,13	0,2	0,55	0,7	0,077	Desp.	
04	NS/C-04	Comandai	5	T	34	34	179	711670	6899977	86	-	-	-	7	-	-	1993	52	C	145	0,2	0,55	0,7	0,077	Desp.	
05	DS-05	Doze Sul	6	T	106,82	5,76	222	718804	6898549	159	10:00	-	-	-	-	-	-	-	C	216,24	0,2	0,55	0,8	0,088	Desp.	
06	NL-06	Natal	12	T	32,53	0	226	722476	6900677	56	12:00	8	43	6,5	-	-	1999	-	C	226	0,2	0,4	0,9	0	Desp.	
07	AS-07	Amadeu Sul	5,7	T	107	19	168	715778	6897437	180	-	5	24	-	-	18	1984	-	C	149	0,2	0,55	0,8	0,088	Desp.	
08	AC-08	Amadeu Centro	3	T	81	0,22	191	712595	6904697	158	12:00	5	87	6	3	-	1994	-	C	190,78	0,2	0,4	0,9	0,072	Desp.	
09	AN-09	Amadeu Norte	22	T	14	0,42	227	714715	6907790	95	12:00	12,5	25	6,5	-	-	1998	-	C	226,58	0,2	0,4	0,9	0,072	Desp.	
10	PMS-10	1º Março Sul	-	T	40	22	129	707495	6903982	120	-	-	-	6	4	-	1999	25	C	107	0,2	0,55	0,8	0,088	Desp.	
11	BI-11	Buriti	6	T	99,74	63,49	191	710731	6909844	190	12:00	8	110	6	-	-	1999	-	C	127,51	0,2	0,55	0,6	0,066	Desp.	
12	BIN-12	Buriti Norte	13	T	119,54	65,55	185	710662	6911865	202	12:00	15	130	6	-	-	2000	-	C	119,45	0,2	0,55	0,6	0,066	Desp.	
13	N-13	Níquel	2	T	218,15	162,24	195	712881	6912627	277	10:00	3,6	240	6	4,5	-	2005	26	C	32,76	0,2	0,55	0,6	0,066	Desp.	
14	BAS-14	Butiá Sul	4,5	T	36	17,8-	210	717087	6897897	40	12:00	2,4	40	-	-	50	1993	32	C	192,2	0,2	0,55	0,6	0,066	Desp.	
15	GPN-15	Guanabara/P N.	1	T		79,2	216	709749	6913391	276	-	-	-	-	-	-	2005	-	C	136,8	0,2	0,55	0,9	0,099	Desp.	
16	PNF-16	Paca N. Fundos	6	T	23,80	23,80	160	708641	6914237	197,75	1:00	-	-	-	-	-	-	-	C	136,2	0,2	0,55	0,9	0,099	Desp.	
<b>Informações de Poços Tubulares obtidas no site do SIAGAS – CPRM (usadas para geração de cartogramas)</b>																										
17	CCM-17	Cidade	12	T	41,6	9,3	130	711900	6901750	84	12:00	-	-	6	-	-	1986	-	L	120,7	1	0,55	0,9	0,495	Média	
18	CCM-18	Cidade	0,8	T	-	2	158	713050	6901800	150	12:00	-	-	8	-	-	1986	-	L	156	1	0,4	0,9	0,36	Média	
19	CCM-19	Cidade	6,09	T	24,65	1,55	155	712220	6902115	51	-	-	-	8	-	-	1958	-	L	153,45	1	0,4	0,9	0,36	Média	
20	CCM-20	Cidade	11,76	T	121	4,62	130	712060	6902170	126	10:00	-	-	8	-	-	1988	-	L	125,38	1	0,55	0,9	0,495	Média	
21	CCM-21	Cidade	11,32	T	17,4	0	140	713220	6902060	100	12:00	-	-	8	-	-	1975	-	L	140	2	0,4	0,9	0	Desp.	
22	CCM-22	Cidade	20,45	T	165	28,75	162	712762	6902035	340	12:00	-	-	8	-	-	1977	-	L	133,25	1	0,7	0,7	0,49	Média	
23	CCM-23	Cidade	1,25	T	147,47	3,34	150	712220	6901725	150	-	-	-	8	-	-	1988	-	L	146,66	1	0,55	0,9	0,495	Média	
24	CCM-24	Cidade	10,14	T	151,78	26,19	130	711650	6902200	156	12:00	-	-	8	-	-	1989	-	L	103,81	1	0,7	0,7	0,49	Média	
25	CCM-25	Cidade	18,46	T	129,92	29,7	128	711775	6901950	150	12:00	-	-	8	-	-	1989	-	L	98,3	1	0,55	0,7	0,385	Média	
26	CCM-26	Cidade	8,78	T	121,68	96,04	161	712425	6901780	168	10:00	-	-	8	-	-	1991	-		64,96	1	0,55	0,6	0,33	Média	

### Continuação da tabela anterior

Informações de Poços Tubulares obtidas a campo (incompletas – não usadas para geração de cartogramas)																							
27	OS-27	Paca Sul	2	T	60	-		708683	6904833	-	8:00	4	75	-	-	-	1988	-					-
28	BINF-28	Buriti N Fundos	-	T		-		709772	6913389	-	-	-	-	-	-	-	-						-
29	BN-29	Butiá Norte	10	T	30			717154	6907026														-
30	D-30	Doze	1	T	154			718689	6899715														
31	GC-31	Godói Centro	4,8	T	21	-		720759	6902126		12:00	3	30	-	-	50	1993	46					
32	R-32	Ressaca	9	T	37	-		720806	6896686	-	-	4,5	46	-	-	50	1986						
33	SJ-33	São João		T				714725	6902537														
34	T-34	Tereza	5	T	24	-		720846	6899322	-	4:00	36		-		-	1986						
35	ANS-35	Amadeu N Sul	5,5	T	41	-		713684	6899214		8:00	5	48	-		50	1993	52					
36	BIS/PX-36	Buriti Sul/Pio X	11	T																			
37	NC/LS-37	Niq Cen./La Sall.	-	T	-			711731	6905592														
38	BIC-38	Buriti Centro	-	T				710645	6907585														
39	CT-39	Canal Torto	6	T	16			704539	6910988														
40	CF-40	Cecção "F"	5	T	116			711359	6914646														
41	NN-41	Níquel Norte	-	T	-																		
Informações de Poços Tubulares obtidas no site do SIAGAS – CPRM (incompletas - usadas para geração de cartogramas)																							
42	CCM-42	Cidade	-	T	-	-	160	712540	6901170	150	-			8									L
Informações de Poços Tubulares não visitadas "in loco"																							
43	PM-43	1° de Março	6	T	138	26	-			144	-	-	-	6									
44	PMC-44	1° de M Centro	4	T	76	24,5	-			252,5	1	-	-	6	4,5	-							
45	PMN-45	1° de M Norte	5,5	T	43,60	43,6	-			204,1	1	-	-	6	4,5	-							

Abreviações:

Desp. = Desprezível

C= Confinado

L= Livre

**ANEXO 2 – Imagens da situação atual dos poços tubulares do município de Campina das Missões/RS**



Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007  
**Poço tubular nº. 8 da Linha Amadeu Centro/União (AC/U – 08), ausência de laje em concreto e cercamento.**



Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007  
**Poço tubular nº. 27 da Linha Paca Sul (PS – 27), ausência de laje em concreto.**





Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007.

**Poço tubular nº. 43 da Linha Primeiro de março (PM – 43), ausência de laje em concreto e cercamento.**



Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007

**Poço tubular 4 da Linha Níquel Sul/Comandai (NS/C – 04), ausência de laje em concreto.**





Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007

**Poço tubular nº. 29 da Linha Butiá Norte (BN – 29), ausência de laje em concreto e cercamento. Notou-se ausência de tubo guia.**



Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007

**Poço tubular nº. 34 da Linha Tereza (T – 34), ausência de laje em concreto e cercamento.**





Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007  
**Poço tubular nº. 31 da Linha Godói Centro (GC 31), ausência de laje em concreto.**



Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007  
**Poço tubular nº. 1 de Oito de Maio (OM – 01), ausência de laje em concreto e cercamento.**





Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007  
**Poço tubular nº. 5 da Linha Doze Sul (DS -05), ausência de laje em concreto e cercamento.**



Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007  
**Poço tubular nº. 32 da Linha Ressaca (R – 32, ausência de laje em concreto.**





Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007  
**Poço tubular nº. 39 da Linha Canal Torto (CT – 39), ausência de laje em concreto, instalado muito próximo da residência.**



Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007  
**Poço tubular nº. 30 da Linha Doze (D – 30), ausência de laje de cercamento.**



Organizado por: PASSOS, V. F. dos, 2007

**Poço tubular nº. 33 da Linha Amadeu Centro/São João (AC/SJ – 33), ausência de laje em concreto e cercamento.**