

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

NÚBIA GONÇALVES DA PAIXÃO ENETÉRIO

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE DO AQÜÍFERO FREÁTICO  
À CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME EM BONITO-MS

CAMPO GRANDE  
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

**NÚBIA GONÇALVES DA PAIXÃO ENETÉRIO**

**AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO  
FREÁTICO À CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME EM  
BONITO-MS**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Avaliação de Impacto Ambiental.

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Giancarlo Lastoria**

Aprovada em:

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Giancarlo Lastoria  
Orientador – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Paula Loureiro Paulo  
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Sandra Garcia Gabas  
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Campo Grande, MS  
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Coordenadoria de Biblioteca Central – UFMS, Campo Grande, MS, Brasil)

E56a Enetério, Núbia Gonçalves da Paixão.  
Avaliação da suscetibilidade do aquífero freático à contaminação por  
necrochorume em Bonito, MS / Núbia Gonçalves da Paixão Enetério. --  
Campo Grande, MS, 2009.  
89 f. ; 30 cm.

Orientador: Giancarlo Lastoria.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.  
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia.

1. Águas subterrâneas – Poluição – Bonito (MS). 2. Aquíferos – Bonito  
(MS). 3. Cemitérios – Aspectos ambientais – Bonito (MS). 4. Cemitério  
Municipal de São João Batista (Bonito, MS). I. Lastoria, Giancarlo. II.  
Título.

CDD (22) – 628.168098171

## DEDICATÓRIA

*Ao meu amado esposo Hiller  
Enetério, por acreditar em mim, mesmo quando eu não acreditava.  
Aos meus pais Antônio e Maria do  
Carmo Paixão, por toda a dedicação e  
suporte.*

## **AGRADECIMENTOS**

Muitos contribuíram para a realização deste trabalho. Seria impossível nominar a todos, entretanto alguns estiveram diretamente presentes:

A Deus, responsável por esta oportunidade e por garantir que, mesmo nos momentos mais difíceis, eu seguisse em frente e chegasse até aqui.

À minha família que participou ativamente, compreendendo a ausência, torcendo e acreditando neste sonho.

Ao Professor Doutor Giancarlo Lastoria, pela verdadeira orientação e compreensão durante toda a minha trajetória.

Aos colegas Guilherme Cavazzana e Hugo Teruya por suas disponibilidades em colaborar, sem ressalvas, com as pesquisas de campo.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul - FUNDECT, pela bolsa de estudo concedida.

A todos os colegas, professores e funcionários do Departamento de Hidráulica e Transportes da UFMS, pela colaboração, em especial, às amigas Meire Enéas, Simone Fortes e Denise Flores.

*“Este pó foram damas, cavalheiros.  
Rapazes e meninas;  
Foi riso, foi espírito e suspiro,  
Vestidos, tranças finas  
Este lugar foram jardins que abelhas  
E flores alegraram  
Findo o verão, findava seu destino... E como estes,  
passaram.”*

*Emily Dickinson*

## SUMÁRIO

|  |      |
|--|------|
| DEDICATÓRIA .....                                      | iii  |
| AGRADECIMENTOS .....                                   | iv   |
| EPÍGRAFE .....   | v    |
| SUMÁRIO .....  | vi   |
| LISTA DE FIGURAS .....                                 | vii  |
| LISTA DE QUADROS .....                                 | viii |
| LISTA DE TABELAS .....                                 | ix   |
| LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....                   | x    |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....                                | xi   |
| RESUMO .....   | xii  |
| ABSTRACT .....   | xiii |
| 1. INTRODUÇÃO .....                                    | 1    |
| 2. OBJETIVOS .....                                     | 3    |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                         | 4    |
| 3.1. Caracterização Física da Região .....             | 6    |
| 3.1.1. Dados Climatológicos .....                      | 8    |
| 3.2. Caracterização Hidrogeológica .....               | 10   |
| 3.3. Aspectos Físico-Químicos e Microbiológicos .....  | 13   |
| 3.4. Legislação .....                                  | 16   |
| 3.4.1. Os Valores Orientadores .....                   | 17   |
| 3.4.2 O CONAMA .....                                   | 18   |
| 3.4.3 A Preocupação com Os Cemitérios .....            | 19   |
| 3.4.4 As Leis Estaduais e do Município em Estudo ..... | 21   |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS .....                           | 24   |
| 4.1 Localização da Área de Estudo .....                | 24   |
| 4.2 Metodologia Aplicada .....                         | 25   |
| 4.3 Coleta de Dados .....                              | 30   |
| 4.4 Análises Microbiológicas .....                     | 35   |
| 4.5 Análises Físico-Químicas .....                     | 36   |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....                       | 37   |
| 5.1 Resultados das Análises Microbiológicas .....      | 39   |
| 5.2 Resultados das Análises Físico-Químicas .....      | 40   |
| 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....                    | 44   |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                    | 47   |
| 8. ANEXOS .....  | 54   |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 3.1 – Climatologia de MS .....  | 9  |
| FIGURA 4.1 – Localização do Cemitério de Bonito no Estado de MS .....                    | 24 |
| FIGURA 4.2 – Locais de escoamento de água em um túmulo no cemitério .....                | 27 |
| FIGURA 4.3 – Localização dos poços analisados.....                                       | 28 |
| FIGURA 4.4 – Levantamento de campo: obtenção de coordenadas .....                        | 28 |
| FIGURA 4.5 – Aferição da altitude indicada pelo GPS, com ponto cotado no terreno .....   | 29 |
| FIGURA 4.6 – Determinação do nível d'água no poço, com utilização de medidor elétrico .. | 31 |
| FIGURA 4.7 – Detalhe do medidor elétrico de nível d'água .....                           | 31 |
| FIGURA 4.8 – Mapa Piezométrico e localidade dos poços pesquisados .....                  | 32 |
| FIGURA 4.9 – Pesquisa de Campo: Amostrador descartável .....                             | 33 |
| FIGURA 4.10 – Filtragem a vácuo das amostras de água, realizada no campo.....            | 34 |
| FIGURA 4.11 – Materiais para análise no campo de pH e temperatura .....                  | 35 |



## **LISTA DE QUADROS**

|   |    |
|---|----|
| QUADRO 5.1 – Resultados de temperatura, condutividade e pH..... | 41 |
| QUADRO 5.2 – CONCENTRAÇÕES FREQUENTES EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS ..  | 43 |

## **LISTA DE TABELAS**

|   |    |
|---|----|
| TABELA 4.1 – Localização dos poços domésticos e profundidade do nível da água ..... | 30 |
| TABELA 5.1 – Variação do nível da água .....  | 38 |
| TABELA 5.2 – Avaliação Microbiológica.....  | 39 |
| TABELA 5.3 – Temperatura do ar e da água e pH dos poços analisados.....             | 40 |
| TABELA 5.4 – Resultados das análises Físico-químicas comparadas com os VO .....     | 42 |

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

|        |  |
|--------|--|
| OMS    | Organização Mundial de Saúde                                   |
| MS     | Ministério da Saúde  |
| CETESB | Companhia de Tecnologia de Saneamento                          |
| CNRH   | Conselho Nacional de Recursos Hídricos                         |
| ANA    | Agência Nacional de Águas                                      |
| PNRH   | Plano Nacional de Recursos Hídricos                            |
| SUPEMA | Superintendência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos |
| PERH   | Plano Estadual de Recursos Hídricos                            |
| PROT   | Bactérias Proteolíticas  |
| CT     | Coliformes Totais  |
| pH     | Índice que mede a concentração de íons de hidrogênio da água   |
| DOU    | Diário Oficial da União  |
| DOE    | Diário Oficial do Estado                                       |
| CSR    | Clostridio Sulfito Redutor                                     |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| UFC/100mL                     | Unidade Formadora de Colônia por cada 100 mililitros |
| NMP/100mL                     | Número mais provável por cada 100 mililitros         |
| Na                            | Sódio  |
| K                             | Potássio   |
| Si                            | Silício  |
| Mg                            | Magnésio   |
| Ca                            | Cálcio   |
| Sr                            | Estrôncio  |
| Al                            | Alumínio   |
| Zn                            | Alumínio   |
| P                             | Fósforo  |
| Ba                            | Bário  |
| Cd                            | Cádmio   |
| Ni                            | Níquel   |
| Mn                            | Manganês   |
| Fe                            | Ferro  |
| Cr                            | Cromo  |
| Pb                            | Chumbo   |
| Cu                            | Cobre  |
| Co                            | Cobalto  |
| Li                            | Lítio  |
| NH <sub>4</sub>               | Amônio   |
| HCO <sub>3</sub>              | Hidrocarbonato                                       |
| F <sup>-</sup>                | Fluoreto   |
| Cl <sup>-</sup>               | Cloreto  |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | Nítrito  |
| Br <sup>-</sup>               | Brometo  |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | Nitrato  |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | Fosfato  |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Sulfato  |
| °C                            | Graus Celsius  |
| μS/cm                         | Micro Siemens por cm                                 |

## RESUMO

ENETÉRIO, N.G.P. (2009). *Avaliação da Vulnerabilidade do Aquífero Freático à Contaminação por Necrochorume em Bonito-MS. Campo Grande, 2009. 103 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.*

Os cemitérios são fontes que causam de contaminação dentre os quais, destaca-se o risco de contaminação das águas subterrâneas por microrganismos presentes na coliquação. O aquífero livre é contaminado na área interna do cemitério podendo se estender para regiões próximas, aumentando o risco de saúde pública. O objetivo deste estudo foi o de avaliar a vulnerabilidade à contaminação por necrochorume nas águas subterrâneas da região do entorno do Cemitério Municipal de São João Batista, na região cárstica, em Bonito/MS. A metodologia aplicada foi dividida em etapas de campo e laboratório. Foram aplicados questionários para investigação da utilização das águas subterrâneas pelos moradores do entorno do cemitério. Nos poços domésticos localizados na área de fluxo foram realizadas coletas e análise físico-química e microbiológica das amostras. Os resultados obtidos mostram que as águas subterrâneas encontram-se em condições higiênico-sanitárias insatisfatórias para consumo humano, evidenciando a necessidade de um maior controle no uso das mesmas, bem como a realização de atividades educativo-ambiental para a sensibilização e conscientização da população local. Considerando a questão da proteção da qualidade do solo e das águas subterrâneas como atribuição legal da prevenção e controle da poluição, compete às Agências Ambientais estabelecerem diretrizes e subsidiar decisões específicas para a Região Cárstica, não só visando as áreas a proteger, mas também o gerenciamento de áreas contaminadas.

1. Palavras-Chave: Carreamento, líquidos humorais, parâmetros físico-químicos

## **ABSTRACT**

ENETÉRIO, N.G.P. (2009). *The Vulnerability Evaluation of Unconfined Aquifer by Necrochorume Contamination in Bonito - MS. Campo Grande, 2009. 103 p. Master Dissertation –Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil (in Portuguese).*

Cemeteries are generating sources of environmental impacts among which, there is the risk of contamination of groundwater by microorganisms present in rotteness. The free aquifer is contaminated inside the cemetery in the area may extend to nearby regions, increasing the risk to public health. The objective of this study was to assess the vulnerability to contamination by necrochorume in groundwater of the area surrounding the Municipal Cemetery of São Joao Batista, in the karstic region in Bonito / MS. The methodology used was divided into stages: field and laboratory tests. Some questionnaires were applied to investigate the use of groundwater by the residents of the area surrounding the cemetery. In domestic wells located in the stream were collected and physico-chemical analysis and microbiological samples. The results show that the groundwater is in poor hygienic and sanitary for human consumption, highlighting the need for greater control in the use of them and the realization of educational activities for the environmental-awareness and awareness of local population . Considering the issue of protection of soil quality and groundwater a statutory duty of prevention and control of pollution, environmental agencies set up guidelines and support for specific decisions karstic region, not only to the areas to protect, but also the management of contaminated areas.

**Key-words:** Scour; humoral liquid; physical-chemical parameters.

# 1. INTRODUÇÃO

O resguardo das características dos aquíferos, por um contínuo monitoramento deste valioso recurso natural, é a forma mais adequada de garantir a prevenção de prejuízos maiores.

O histórico do problema da contaminação de águas subterrâneas mostra uma crescente preocupação nos países desenvolvidos. O Brasil segue, mais recentemente, esta inclinação para o desenvolvimento de estudos e tecnologias que se antepõem à poluição dos aquíferos.

A água subterrânea é uma reserva disponível em um volume muito maior do que a parcela de água superficial, preenchendo espaços formados entre os grânulos minerais e nas fissuras das rochas. Estes aquíferos funcionam como um filtro contra os agentes potencialmente poluidores. Justificando a contaminação deste recurso ocorrer de forma lenta e silenciosa. Assim, a utilização das águas subterrâneas é cada vez maior em função da qualidade e disponibilidade atuais das águas superficiais. Nos últimos sessenta anos, a literatura apresenta registros preocupantes de contaminação desta reserva hídrica pela urbanização e ocupação do solo pelas diversas atividades antrópicas, inclusive pós-morte.

A disponibilidade dos recursos hídricos deve ser discutida permeada pela abrangência ética. Os fins a que se destinam os recursos para que todos tenham acesso em quantidade e qualidade ideais às suas necessidades, respeitando o contexto local, devem ser amplamente estudados e seriamente considerados na gestão dos recursos hídricos.

Os aquíferos freáticos, por sua alta oferta e baixo custo, são considerados uma alternativa bastante simples e eficiente. O aumento desta demanda nos últimos anos em áreas urbanas leva a questionamentos sobre a confiabilidade e a inesgotabilidade desta fonte subterrânea trazendo à população dois riscos iminentes: indisponibilizar uma fonte futura de fácil captação e a exposição à doenças de veiculação hídrica por contaminação deste recurso.

Várias são as possibilidades de contaminação dessa fonte específica e uma delas, mais recentemente abordada em pesquisas no Brasil, é o necrochorume. Em regiões, onde a água subterrânea ocorre em profundidades pequenas, a eliminação dos líquidos humorais que resultam da decomposição dos corpos, esvai-se e com a chuva pode atingir este aquífero. Estes líquidos apresentam-se com uma coloração escura e com uma textura viscosa, formado por água, sais minerais e substâncias altamente tóxicas como a putresina e a cadaverina.

Este forte impacto físico de contaminação do lençol freático ocorre pela proliferação de

microrganismos que destroem a matéria orgânica. A possível poluição de aquíferos por estes líquidos humorais, advindo da decomposição de cadáveres, exige uma investigação, no nível do lençol freático - por este ser um facilitador no transporte de agentes contaminantes, bem como de estudos geológicos prévios, considerando o solo como um filtro natural, retendo parcialmente a penetração de contaminantes, fundamentando uma possível localização e instalação de cemitérios.

A legislação ambiental é considerada como um agente de fundamental importância na busca por diminuir os custos de remediação, bem como assegurar a disponibilidade da água em quantidade e qualidade necessárias ao homem. Sobre este risco potencial de contaminação, principalmente com a instalação de cemitérios em áreas urbanas, far-se-á um levantamento do conhecimento disponível na área, identificando os trabalhos produzidos e considerando-os para a compreensão do problema investigado.

O controle da produção, filtragem e do escoamento destes líquidos humorais para as águas subterrâneas é feito pela hidrogeologia da área. A implantação e operação adequada de um cemitério devem considerar a água subterrânea como um fator importante a ser considerado.

A capacidade do solo de reter os poluentes tem sido ultrapassada pela disposição dos resíduos em uma quantidade cada vez maior e a complexidade da composição dos mesmos, levando a uma maior vulnerabilidade dos lençóis freáticos que usam a camada saturada do solo como uma importante defesa contra agentes poluidores como o necrochorume. As características do solo e do aquífero determinam o quão suscetível à contaminação são as reservas hídricas de uma região.

Neste trabalho considera-se o necrochorume como importante fonte de poluição pela omissão habitual em que esta fonte é tratada. O cemitério é estudado como uma fábrica, cujo poluente pode ser lançado diretamente nas águas subterrâneas. A saúde da população, seu bem-estar e o desenvolvimento dos potenciais hídricos de uma região também permeiam pela gestão adequada dos cemitérios. Concomitante a isto, as pesquisas sobre a contaminação por necrochorume, no Brasil datam inicialmente da década de 1980 e a nossa legislação ambiental, apesar de ser considerada entre as mais modernas do mundo, é ainda mais recente.

Assim, o objetivo deste trabalho é a análise da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas, no município de Bonito/MS, por líquidos humorais, o que se justifica pela importância econômica e turística dos recursos hídricos na região, bem como a saúde e a qualidade de vida dos moradores do entorno do cemitério, visto que se trata de um cemitério urbano em uma cidade, onde os mananciais são a principal fonte de rendimentos, pois apresenta reconhecimento internacional de suas belezas naturais.



## **2. OBJETIVOS:**

### **2.1. OBJETIVO GERAL:**

Avaliar a vulnerabilidade à contaminação por necrochorume nas águas subterrâneas da região cárstica do Cemitério municipal de São João Batista, em Bonito/MS.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Inferir as condições geológicas e hidrogeológicas sob as quais o cemitério está inserido e relacioná-la com o nível de risco à contaminação por necrochorume;
- Investigar, através de análise físico-química e bacteriológica, indicadores de contaminação das águas subterrâneas das áreas do entorno do cemitério;
- Interpretar os valores obtidos na análise das amostras coletadas considerando a geologia e a hidrogeologia da área; e
- Avaliar e discutir os resultados através da legislação ambiental vigente, em termos de risco para a saúde pública.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

De acordo com a Organização Mundial da Saúde - OMS (WHO, 1998), "A composição média do corpo de um adulto de 70 kg costuma ter 16.000g de carbono, 1.800g de nitrogênio, 1.100g de cálcio, 500g de fósforo, 140g de enxofre, 140g de potássio, 100g de sódio, 95g de cloreto." Após a morte, segundo Matos (2001), a decomposição dessas substâncias orgânicas pode produzir diaminas, como a cadaverina ( $C_5H_{14}N_2$ ) e a putrescina ( $C_4H_{12}N_2$ ), possíveis de serem degradadas gerando amônio ( $NH_4^+$ ). Estas substâncias orgânicas, segundo Silva (1998), correspondem a 10% do necrochorume. De acordo com Pounder *apud* Sória & Ramirez (2004) "A decomposição do corpo pode durar alguns meses até vários anos, dependendo da ação ambiental. Em clima tropical, o cadáver demora aproximadamente três anos para ser decomposto, ao passo que, em temperado, a decomposição pode durar dez anos".

De acordo com Bower *apud* Pacheco (1988), foram registrados alguns casos históricos sobre a contaminação das águas subterrâneas, que se destinavam ao consumo humano, por líquidos humorais (provenientes da decomposição dos corpos). Existe ainda o problema da ocupação das áreas próximas aos cemitérios por populações de baixa renda, que não possuem água potável da rede pública e podem utilizar esta água através da instalação de poços.

A preocupação com resíduos de esgoto e de atividades antrópicas é essencial para a proteção da saúde pública. Nos países em desenvolvimento, a má qualidade da água, associada à má nutrição, exerce índices alarmantes na morbidade e mortalidade, segundo Navarro *et al* (2006). A OMS também afirma que cerca de 80% de todas as doenças que afetam tais países provém da água de má-qualidade. Macedo (2001) relata que microrganismos patogênicos de origem hídrica transmitem doenças desde o trato gastrointestinal até febre tifóide.

Para Rebouças *et al* (2002) os aquíferos podem cumprir várias funções e entre elas, a função ambiental, na qual ocorreu uma evolução de um enfoque naturalista tradicional para hidráulico quantitativo até chegar ao desenvolvimento hidroquímico, a partir da década de 60, quando iniciou-se uma intensa utilização de insumos químicos nas áreas urbanas, industriais e nas atividades agrícolas. A abordagem multidisciplinar integrada da hidrogeologia só surgiu em meados da década de 80.

Ao afirmar que a quantidade e a qualidade da água disponível são igualmente importantes, Caruso (1998), considera vários fatores que provocam a poluição deste recurso natural.

Na zona urbana de Bonito, assim como na zona rural, ainda existem muitas residências sendo abastecidas clandestinamente por poços domésticos. Na zona rural, o abastecimento é feito através de poços rasos ou nascentes, que se constituem importantes fontes de suprimento de água para consumo humano e animal.

Poços mal construídos ou abandonados e a falta de fiscalização e controle são considerados por Rebouças *apud* Valias *et al* (2002) como os principais focos de poluição dos mananciais subterrâneos na zona urbana.

No estudo das águas subterrâneas dessas zonas, os parâmetros microbiológicos têm um papel de destaque. Do ponto de vista de saúde pública, os aspectos sanitários devem ser enfocados estudando o comportamento dos indicadores de poluição de origem fecal bem como de bactérias patogênicas.

Para avaliação das condições higiênicas têm sido propostos os termotolerantes e as bactérias heterotróficas aeróbias. Normalmente, não têm sido utilizados outros possíveis indicadores da presença de matéria orgânica, como proteínas e lipídeos, em água. No entanto, as bactérias proteolíticas e lipolíticas são comumente estudadas na microbiologia de alimentos, como decompositores de carnes e outros produtos de origem animal.

Uma amostragem de água subterrânea que apresente baixo índice de indicadores de poluição fecal (Termotolerantes), porém com maior número de bactérias anaeróbias (clostrídios sulfito-redutores - CSR) demonstram uma provável contaminação oriunda das covas. O alto número de bactérias lipolíticas e proteolíticas em amostras de solo pode indicar a percolação do necrochorume na zona não saturada.

Os cemitérios são fontes geradoras de impactos ambientais, entre os quais se destacam os químicos e microbiológicos. O impacto químico mais importante está no risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas por microrganismos que se proliferam durante o processo de decomposição dos cadáveres e posterior uso destas águas pela população.

Na problemática relacionada com a saúde pública devem ser ressaltadas a localização e implantação dos cemitérios que nem sempre obedecem a projetos fundamentados em sólidos estudos geológicos e hidrogeológicos.

### **3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA REGIÃO**

Oliveira *et al.* (2002) trazem a caracterização hidrogeológica como um item de fundamental importância na implantação de cemitério de forma adequada, considerando a água no subsolo como a principal condicionante para a construção e operação dos mesmos.

Boggiani & Clemente (1999) ressaltam as características geomorfológicas diretamente influenciadas pela presença de rochas carbonáticas que são solúveis, dando origem às feições do relevo cárstico e a alta fragilidade desta formação por serem dependentes da qualidade das águas.

As regiões cársticas têm grande quantidade de rochas carbonáticas facilmente solúveis e presença de fraturas decorrentes da dissolução, conferindo alta vulnerabilidade ambiental à poluição do aquífero nela contido, pelas condições nos processos de urbanização.

A partir das características intrínsecas desta região, pode-se citar Christofolletti (1980): “A circulação da água ocorre mediante circulação interna, por meio de pontos de absorção, como fissuras, dolinas etc, onde as águas superficiais desaparecem. Em pontos diferentes, próximos ou não, as águas ressurgem na superfície, através de fontes ou surgências”.

A ocupação indevida pode ocorrer em áreas mais suscetíveis geologicamente e assim: “Os aquíferos fraturados são facilmente contaminados devido à presença de geoestruturas tectônicas que são responsáveis pela acumulação e a circulação livre da água em subsuperfície.” (BEREZUK & GASPARETTO, 2002)

De acordo com Barros *et al.*, “Para um melhor entendimento das medidas de proteção de recursos hídricos subterrâneos é importante que se conheça como os mesmos ocorrem, qual a sua participação no ciclo hidrológico, os tipos de aquíferos e qual o comportamento do fluxo da água no subsolo”. (2002).

O estudo da vulnerabilidade natural da água subterrânea à contaminação baseia-se na suposição de que o meio físico pode fornecer algum grau de proteção à penetração de contaminantes, considerando-se que o material geológico pode constituir-se em filtros naturais.

Percebe-se que o estabelecimento de cemitérios, desprezando-se os critérios geológicos (características litológicas e estrutura do terreno) e hidrogeológicos (nível do lençol freático) provoca a alteração da qualidade do aquífero. Tal contaminação, originada pela decomposição e agentes microbiológicos dos cadáveres, mostra-se como um risco para a saúde. Percebe-se também que o solo, através de fatores físicos e químicos ambientais, possui um papel de fundamental importância para reter tais agentes e substâncias, ao modificar a infiltração e o carreamento, exercendo papel de filtro natural. Estas diferenças geológicas e do nível do lençol freático, influenciam na qualidade bacteriológica e na descrição do grau de vulnerabilidade das águas

estudadas. A camada não-saturada e a capacidade de filtração agem como um sistema natural de tratamento de dejetos, exercendo um importante mecanismo de proteção à qualidade da água subterrânea (MARTINS *et al*, 1991 e ARAÚJO 2002).

Almeida *et al* (2008) concordam com Martins *op cit* e enfatizam a filtração das partículas e microrganismos em suspensão, porém ressaltam que as bactérias lipolíticas, clostrídios e *Pseudomonas aeruginosa* não são totalmente excluídas, considerando-se o lençol abaixo de tal solo, por esta referida filtragem.

“A caracterização hidrogeológica tem importância fundamental para a implantação correta de cemitérios” (OLIVEIRA *et al.*, 2002). A água no subsolo é a principal condicionante para a adequada construção e operação dos mesmos.

Para Hirata *apud* ARAÚJO *op cit* “o movimento da água na zona não saturada é geralmente lento e em ambiente aeróbico, propiciando a biodegradação da matéria orgânica, assim como a eliminação de microrganismos e a atenuação de substâncias químicas”.

O aquífero livre, de acordo com para Pacheco *et al* (1991), pode ser contaminado na área interna de um cemitério e tornar-se um risco à saúde pública ao estender-se para regiões próximas, resultado este da localização e operação inadequada de cemitérios urbanos.

No Estado de Mato Grosso do Sul, Lastoria (2002) descreve que mais de 80% das sedes municipais e distritos que possuem rede de abastecimento de água potável, utilizam o manancial subterrâneo como fonte de captação para estes sistemas.

Christofolletti (1993) propõe que a ocupação antrópica, bem como os processos decorrentes de tal atividade, gera uma conseqüente preocupação com a elaboração de planos ordenadores previamente estudados. Em Bonito, os aquíferos livres ainda são uma importante fonte de abastecimento de água da população de baixa renda, mesmo após a disponibilização de água tratada e saneamento básico na cidade em 2007. Sabe-se que o potencial de poluição depende das características com que se lançam os poluentes no solo e que o potencial será maior de acordo com a mobilidade no solo e água subterrânea. Qualquer substância e poluentes, em regiões de alto índice pluviométrico, são transportadas para o solo, mesmo considerando a capacidade do solo em atenuar os efeitos.

Hirata *et al* (1997), ao comentar sobre os mananciais hídricos e poluição, explica que a contaminação de águas superficiais é mais fácil de acontecer do que em águas subterrâneas. Entretanto, mostra-se mais fácil a recuperação de mananciais superficiais devido ao fato de que as águas subterrâneas possuem uma renovação mais irregular e lenta, além de possuir camadas de solo

e rocha. Assim, de certa forma, estas camadas promovem a proteção, e de outra forma, não apresentam facilidade para prover uma acertada despoluição.

Maziero (2005) considera os aquíferos como corpos rochosos relativamente favoráveis à circulação e armazenamento de águas subterrâneas, variando em extensões e espessura. Classifica-as ainda de acordo com a rocha armazenadora, onde os aquíferos cársticos, que ocorrem no município em estudo, são formados pela ocupação da água nos condutos formados pela dissolução de rochas carbonáticas, como calcários e mármore. O autor ainda enfatiza a suscetibilidade das águas subterrâneas à contaminação pontual e difusa.

Segundo Floriani *et al* (2006), conhecer a dinâmica dos processos das interações entre a biocenose e as características hidrogeomorfológicas locais é determinante para administrar e ordenar o ambiente, possibilitando atingir os objetivos de analisar os graus de suscetibilidade do relevo e da superfície de intervenções antrópicas.

As características climatológicas da região ou do volume de precipitação e escoamento da água subterrânea podem variar de grandes profundidades até a superfície.

### 3.1.1 DADOS CLIMATOLÓGICOS:

De acordo com Comec (2002), o clima é fator de grande influência sobre as rochas e sua ação indireta ocorre através da vegetação e dos solos cuja manutenção permite evitar os processos erosivos e o carreamento de sedimentos e poluição do aquífero e ainda, afirma que todas as células do carste podem absorver agentes poluidores transportados pelas águas das chuvas, agindo como ponto de recarga. Desta forma, as águas subterrâneas se inter-relacionam com o ciclo hidrológico, tornando-se dependentes das condições climatológicas e apresentando distribuição muito variável.

A qualidade das águas muda ao longo do ano, em função de fatores meteorológicos e da concentração de lançamentos de poluidores e das vazões. Os processos de escoamento e infiltração podem favorecer a contaminação do aquífero, sendo importante considerar uma periódica coleta de amostras para avaliar a qualidade deste recurso nas diferentes estações (Uniagua, 2000). Costa *et al* (2002) acrescentam: “Essa contaminação é renovada a cada período chuvoso, sendo tão mais intensa quanto mais vulnerável for o aquífero à contaminação, principalmente quando o nível freático se encontra a pequena profundidade.”

Ao descrever o clima na região de Bodoquena, Pádua (2002) apresenta-o como quente-úmido, com uma estação seca no inverno (limitada por maio e setembro) e chuvosa no verão (de

dezembro a maio), precipitação pluviométrica entre 20 mm e 2000 mm e temperatura média anual do ar igual a 24° C.

A figura 3.1 ilustra as postulações de Pádua (2002).

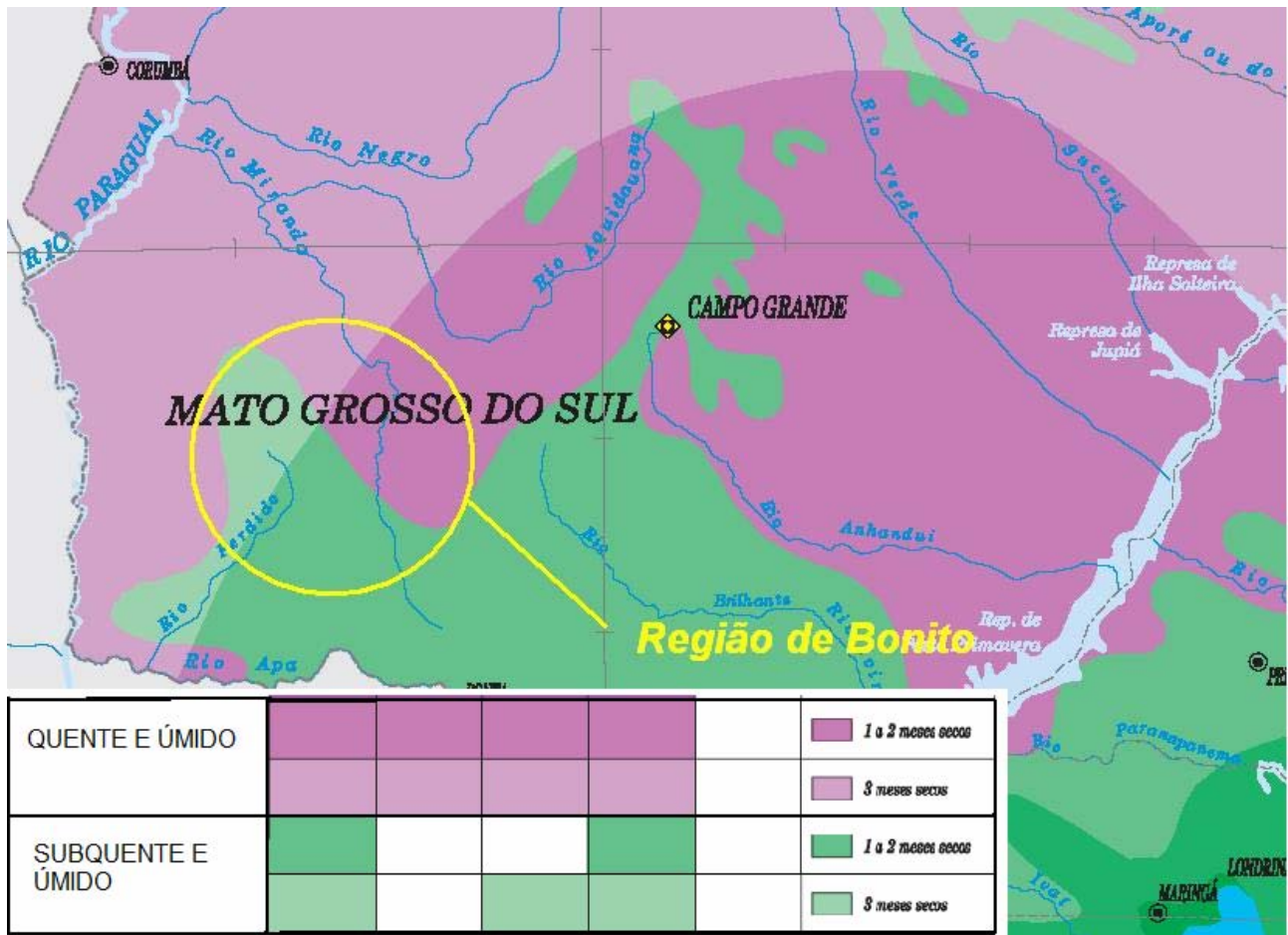


FIGURA 3.1 - Climatologia de Mato Grosso do Sul (adaptado)  
Fonte: IBGE (2008)

Pacheco *et al* (1988) destacaram o aumento da vulnerabilidade destas águas à contaminação quando existe uma intensa precipitação pluviométrica e com nível de lençol freático próximo. Consideram ainda os cemitérios como fontes geradoras de impacto ambiental e relacionam a localização e a implantação de cemitérios com a problemática da saúde pública, citando casos históricos de contaminação de águas subterrâneas por líquidos humorais, destinados ao consumo humano.

Abrão (2007) avalia a possibilidade de contaminação do aquífero freático por líquidos humorais em um cemitério urbano no município de Campo Grande/ MS, através de análises físico-

químicas e bacteriológicas em estação seca e chuvosa, sendo este o primeiro trabalho sobre o tema neste Estado.

Bower *apud* Pacheco (1988) enfatiza o aumento do problema de contaminação nas épocas quentes em poços situados próximos a cemitérios e acrescenta a vulnerabilidade das águas em áreas com uma precipitação pluviométrica elevada e com o nível do lençol freático próximo à superfície.

### **3.2 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA**

No abastecimento de áreas urbanas, a água subterrânea se constitui em reserva estratégica, capaz de atender as necessidades vitais no caso de uma catástrofe nuclear.

O monitoramento da qualidade das águas é realizado para estudar a ocorrência e o transporte de elementos químicos e biológicos (bactérias e vírus) nas águas subterrâneas e a investigação de campo para caracterizar o aquífero freático no cemitério. Matos *et al* (2002) ressaltam que os resultados das investigações geofísicas, sondagens geológicas, coleta e análise de amostras de solo, testes para determinação da condutividade hidráulica do meio e teste de traçador para determinação da dispersividade permitem dar a problemática da contaminação das águas subterrâneas a merecida atenção que é dada nos países desenvolvidos e, mais recentemente, no Brasil com o desenvolvimento de vários trabalhos que tratam de estudos sobre a poluição nos aquíferos.

“A caracterização hidrogeológica tem importância fundamental para a implantação correta de cemitérios” (OLIVEIRA *et al.*, 2002). A água no subsolo é a principal condicionante para a adequada construção e operação dos mesmos.

Para Hirata *apud* Araújo (2002) “o movimento da água na zona não saturada é geralmente lento e em ambiente aeróbico, propiciando a biodegradação da matéria orgânica, assim como a eliminação de microrganismos e a atenuação de substâncias químicas”.

A saponificação e a mumificação são fenômenos conservativos provocados por alto teor de umidade e falta de umidade, respectivamente, em cemitérios, os quais podem ser agentes favorecedores do aumento da extensão horizontal da contaminação por microrganismos retardando a decomposição dos corpos, por estes apresentarem grande quantidade de agentes patogênicos, sais minerais e até metais. (MATOS *et al*, 1998)

A maior parte dos sepultamentos, no Brasil é realizada por inumação, tendo um período de três anos para fazer a exumação e verificar a decomposição do cadáver e a não-ocorrência da



decomposição nesse período caracteriza um estado de conservação que gera a permanência no local até a decomposição completa.

Matos *et al* (1998) mostram que: “a alteração de sais minerais, metais e bactérias, a redução de oxigênio dissolvido, bem como a presença de vírus nas águas subterrâneas, provocadas pela presença de sepulturas na superfície.”.

Pacheco (1988) relata a baixa resistência dos organismos patogênicos às condições de oxigenação e o seu desaparecimento imediato em zona não saturada, ressaltando que estes organismos, quando incorporados nas águas subterrâneas permanecerão ativos dependendo da oxigenação das águas e da velocidade de deslocamento.

As bactérias lipolíticas e proteolíticas relacionadas com o processo de decomposição da matéria orgânica animal e vegetal, segundo Martins *et al* (1991), são encontradas em níveis elevados em amostras do interior de cemitérios, provavelmente pela proliferação desses microrganismos no processo de decomposição dos corpos.

“A presença de aquífero suspensos no local agrava a situação, já que os níveis de água desses aquíferos estão há alguns centímetros abaixo da superfície ou aflorantes”. (MATOS, *op cit*). A qualidade das águas subterrâneas é claramente comprometida pela contaminação oriunda dos corpos em decomposição, principalmente em locais onde o nível freático encontra-se próximo à superfície, fazendo com que alguns corpos fiquem imersos nas águas subterrâneas.

Estudos propostos por Matos *op. cit* mostram que as sepulturas provocam um acréscimo na quantidade de sais minerais (bicarbonato, cloreto, sódio e cálcio), de metais (ferro, alumínio, chumbo e zinco), de bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas, clostrídios sulfito-redutores, enterovírus e adenovírus, causando ainda um decréscimo do oxigênio dissolvido nas águas subterrâneas

Em relação ao nível de nitrato, a Organização Mundial de Saúde, bem como a Portaria nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde (MS) recomendam o valor máximo de 10 mg de NO<sub>3</sub>/litro, pois uma concentração superior pode ocasionar a metahemoglobinemia infantil.

A proposta de Martins *et al* (1991) é que em condições anaeróbicas ocorre o favorecimento da redução do nitrato à amônia ou sua desnitrificação, pela ação microbiana. Também enfatizam que “a ausência de estreptococos fecais e de clostrídios sulfito-redutores é um dado relevante uma vez que são considerados como os melhores indicadores da qualidade sanitária da água subterrânea de instalações como cemitérios”.

As características hidrogeológicas podem indicar as condições tróficas da água de superfície e o possível favorecimento ao desenvolvimento de microrganismos, ressaltando a necessidade crescente de estudos aprofundados anterior à instalação de cemitérios em áreas urbanas, evitando assim, doenças de veiculação hídricas como: Hepatite A, Febre Tifóide, causada pela *Saumonella typhi*, Leptospirose, causada pela *Leptospira* e a cólera, causada pelo *Vibrio cholerae* são comuns no Brasil e, em geral, causam fortes distúrbios gastro-intestinais, tais como: vômitos, cólicas e diarreias.

O ciclo hidrológico trabalha para a potencialização do aproveitamento dos recursos hídricos minimizando efeitos de agentes naturais e antrópicos que causam poluição e contaminação dos mesmos. Esteves (1998) levanta a discussão sobre esse processo ao incluir a infiltração e o escoamento superficial e subterrâneo como elementos importantes do ciclo hidrológico.

Os processos de infiltração e percolação das águas pluviais corroboram para atenuar a ação dos agentes patogênicos de veiculação hídrica, bem como a inclinação e composição do terreno no qual o cemitério está instalado. Segundo Oliveira *et al* (2002) “Os processos de decomposição de cadáveres bem como a filtragem e migração do necrochorume até os mananciais de água subterrânea são controlados pela natureza dos terrenos”.

Pacheco (1988) desperta a atenção para a importância das condições do solo, que podem permitir a eliminação dos agentes patogênicos carreados pelo necrochorume, o que vincula o solo às condições de proteção à contaminação do aquífero, principalmente nas estações chuvosas. Ainda descreve a formação e a composição do solo como fatores que devem ser considerado amplamente, visto que, funcionam como um filtro para os microrganismos.

A contribuição da geomorfologia para a escolha da área de instalação de um cemitério urbano pode ser analisadas ao se enfatizar as áreas destas instalações com cotas menores como as mais vulneráveis, devida à sua proximidade da superfície, o que também aproxima a possibilidade de contato do aquífero com os corpos (MATOS *et al*, 1998).

O nível do lençol freático e as diferenças geológicas influenciam na qualidade bacteriológica das águas subterrâneas, agindo como estruturas facilitadoras no processo de transporte de agentes contaminantes.

Os solos arenosos que possibilitam maior permeabilidade e lençol freático de pequena profundidade podem favorecer a passagem de bactérias do solo e dos túmulos para as águas subterrâneas. O que explica, segundo Martins *et al* (1991), maiores níveis de Termotolerantes e CSR, de bactérias heterotróficas aeróbias e de bactérias lipolíticas, nesses cemitérios em relação aos

demais. Nestes terrenos, ocorre uma taxa elevada de bactérias heterotróficas aeróbias e passagem de matéria orgânica para o lençol freático, onde as proteínas seriam convertidas a nitrato, que se acumula nessas águas.

Nas últimas décadas, com o crescimento dos centros urbanos, aumentou também o número de cemitérios e surgiu uma nova preocupação ambiental: a contaminação por líquidos humorais. Matos (2001) relata que a maior causa da poluição comumente observada em águas subterrâneas está associada às práticas de saneamento em áreas que não dispõem de rede de esgoto, ao lançamento de efluentes líquidos industriais em corpos de água ou diretamente no solo, às práticas convencionais de cultivo agrícola e mais recentemente à presença de cemitérios.

Migliorini *et al* (2006) afirmam que “a localização de cemitérios deveria ocorrer, preferencialmente, em áreas afastadas dos centros urbanos. (...), devido a um processo de urbanização intenso e descontrolado, hoje é comum encontrar cemitérios totalmente integrados à malha urbana, até mesmo em suas áreas mais centrais.”

### **3.3 ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS**

A água, ao longo do percurso entre as rochas e o subsolo, sofre modificações de suas características iniciais, tornando-se mais adequada ao consumo através de etapas que eliminam microrganismos e de processos físicos e químicos. A formação da água subterrânea está diretamente relacionada com as características das camadas litológicas que a água atravessa. Fernandes & Garrido *apud* Maziero (2005) relatam que embora dois terços do planeta sejam formados por água, a água potável é um recurso escasso e que 97% dela são formadas por mananciais subterrâneos.

Assim, torna-se de fundamental importância o monitoramento deste recurso para se conhecer a condição da qualidade desta reserva disponível. Navarro *et al* (2006) defendem a utilização dessas normas aliadas às medidas de fiscalização e de minimização dos problemas ambientais e de saúde pública, e ainda ressaltam a importância de se promover medidas que minimizem a degradação dos mananciais.

O aumento no consumo não-planejado aliado à uma crescente degradação destas reservas hídricas acentua a necessidade de um controle rígido dos parâmetros de classificação da água. Lanna (1993) considera ações governamentais, quantidade e qualidade das águas como ferramentas para uma gestão correta dos recursos hídricos, por ser este, um determinante para o bem-estar da sociedade.

Parâmetros de alcalinidade, concentração dissolvida e total de metais, condutividade, dureza total, DBO, nutrientes, pH, salinidade, sólidos totais dissolvidos, termotolerantes e turbidez são alguns parâmetros que norteiam a definição dos possíveis fins que um manancial pode se destinar.

A gestão da qualidade destes recursos exige um monitoramento periódico, no qual a coleta e a preservação das amostras de água necessitam de metodologias específicas que são prescritas no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1976).

A qualidade das águas subterrâneas tem importância na garantia da saúde pública, pois a utilização deste recurso ocorre de forma desordenada. Os índices microbiológicos são indicadores da forma de poluição como é o caso dos termotolerantes usados frequentemente no controle da qualidade da água. Barrow *apud* Martins *et al* (1991) aponta a utilização de termotolerantes como vantajosa por seu tempo de sobrevivência ser suficiente para ser utilizado com indicador.

Martins & Martins *apud* Abrão (2007) estabelecem que “a detecção dos agentes patogênicos, (...) na água são muito difíceis, por causa de suas baixas concentrações. Portanto, a determinação (...) pode ser feita de forma indireta, através dos organismos indicadores microbiológicos de contaminação”.

Baseado em Matos (2001), cujo estudo mostrou que a contaminação oriunda de sepulturas gera um aumento na quantidade de alguns sais minerais, metais e de bactérias heterotróficas, proteolíticas e clostridio sulfito-redutores e ainda uma diminuição do oxigênio dissolvido (OD) em águas subterrâneas, foram realizadas análises de:

- Grupo Coliforme (Coliformes totais (CT) e termotolerantes) - Por serem bons indicadores de contaminação antrópica ou animal e serem proporcionais à quantidade de bactérias patogênicas intestinais;
- Bactérias heterotróficas - A alta concentração dessas bactérias na água determina a indicação de matéria orgânica;
- Bactérias proteolíticas (PROT) - Estão relacionadas com a decomposição e presença de proteínas na água;
- *Pseudomonas aeruginosa* - A averiguação desta bactéria proteolítica específica foi adotada por esta encobrir ocasionalmente coliformes, podendo fornecer um resultado impreciso do Grupo Coliforme;
- Clostrídios Sulfitorredutor (CSR) - Estas bactérias, em ambiente desfavorável, apresentam capacidade de esporular, sendo um indício de contaminação anterior;

- Enterococos - Sua indicação pressupõe uma pré-existência de agentes patogênicos, como as bactérias salmonela e clostrídio. Sobre este agente, o habitat normal destes grupos de bactérias é o trato intestinal humano e de outros animais; estas bactérias normalmente não ocorrem em águas e solos de áreas não poluídas, sendo que as poucas incidências estão relacionadas diretamente a animais de vida selvagem ou à drenagem dos solos por enxurradas. Embora estas bactérias possam persistir por longos períodos em águas de irrigação com alto teor eletrolítico, geralmente não se multiplicam em águas poluídas, sendo, portanto, sua presença indicativa de contaminação fecal recente.

Estes microrganismos formam indicadores de poluição fecal, de um patógeno, além de dois grupos de bactérias decompositoras de matéria orgânica presentes no necrochorume e utilizadas para verificar-se se estes microrganismos são originados nos túmulos para as águas.

A manutenção de cemitérios em centros urbanos em condições que permitam a saúde pública permeia por uma íntima relação entre as características hidrogeológicas e controle da qualidade da água subterrânea nos seus entornos.

O MS, através da Portaria 518/2004, estabelece os valores orientadores para o padrão de potabilidade de águas subterrâneas, seguindo a tendência de países como a Holanda e a Grã-Bretanha, conforme definem Dias & Casarini (1996): “A tendência mundial é o estabelecimento de uma lista orientadora genérica de valores de referência de qualidade e de intervenção, sendo estes últimos estabelecidos a partir de modelos de avaliação de risco, com base na definição de cenários de uso e ocupação do solo (...)”.

Casarini *et al* (2002) defendem a importância de se estabelecer valores orientadores que respeitem as características de cada país por existirem diferenças nas condições climáticas, tecnológicas que justifiquem o desenvolvimento de listas orientadoras próprias compatíveis com

A garantia de minimização do risco à saúde pública pela contaminação de águas subterrâneas por atividade antrópica segue uma preocupação com os procedimentos de gestão dos corpos hídricos. O respeito às diferentes e potenciais formas de contaminação microbiológicas e físico-químicas, deve ser amplamente considerado para o sucesso deste processo.

### **3.4 LEGISLAÇÃO:**

A legislação ambiental brasileira está entre as mais modernas do mundo, apesar de um histórico recente de preocupação com a gestão a longo prazo das questões ambientais. O ajuste das leis existentes para a proteção dos recursos hídricos consiste no preenchimento de grandes lacunas e na solução de conflitos. Os órgãos responsáveis necessitam considerar uma gestão integrada e, para tal, um entrosamento se faz determinante.

A Constituição Federal determina as águas subterrâneas como de domínio estadual, não dispensando o trabalho da União, visto que os Aquíferos presentes no Território brasileiro atravessam os limites estaduais e nacionais.(BRASIL, 2005).

De acordo com o Artigo 1º da Lei 9433 (Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH) institui os seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

A criação de um Conselho Nacional de Recursos Hídricos, vinculado ao meio-ambiente, permitiu a edição de diversas resoluções referentes à gestão de águas subterrâneas, dentre elas a Resolução Nº 22, de 24/05/2002, que determina as bases para a inserção das águas subterrâneas à uma gestão integrada, incluindo, em cada aquífero:

- I - A caracterização espacial;
- II - O cômputo das águas subterrâneas no balanço hídrico;
- III - A estimativa das recargas e descargas, tanto naturais quanto artificiais;
- IV - A estimativa das reservas permanentes exploráveis dos aquíferos;
- V - Caracterização física, química e biológica das águas dos aquíferos; e
- VI - As devidas medidas de uso e proteção dos aquíferos.

A Lei Federal 9984 de 17/07/2000 criou a ANA (Agencia Nacional de Águas), corporação administrativa federal responsável pela implementação pela regulação do uso das águas do território brasileiro e da PNRH que apresenta os instrumentos de gestão dos recursos hídricos, ressaltando os

Planos de Recursos Hídricos, enquadramento em classes dos corpos d'água, outorga dos direitos de uso e a cobrança pela utilização dos recursos hídricos, sendo outorga das águas subterrâneas de atribuição dos Estados.

Assim sendo, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, foi criado o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, colegiado constituído pelos diversos setores ligado à gestão das Águas e instância máxima do Sistema de Recursos Hídricos, a quem compete a definição e estabelecimento da Política dos Recursos Hídricos.

### 3.4.1 OS VALORES ORIENTADORES

Os órgãos ambientais, pautados na Legislação Ambiental (Brasil, 2005), utilizam-se diversos recursos para a proteção das águas subterrâneas:

- Licenciamento ambiental e fiscalização de fontes potenciais de poluição;
- Monitoramento da qualidade para subsidiar as ações de proteção e controle;
- Estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- Mapeamento da vulnerabilidade ao risco de poluição das águas subterrâneas;
- Zoneamento ambiental por meio da delimitação áreas de proteção de zonas de recarga de aquíferos, áreas de restrição e controle do uso da água e de perímetros proteção de poços;
- Elaboração de sistemas integrados de informação;
- Planos de Recursos Hídricos;
- Classificação e enquadramento das águas subterrâneas;
- Projetos especiais de caracterização dos aquíferos; e
- Controle da contaminação de solo e águas subterrâneas.

Em função do crescimento considerável da demanda por água subterrânea, a qualidade e a disponibilidade deste recurso o tornam uma reserva estratégica que deve ser protegida por ser uma alternativa de abastecimento acessível de baixo custo.

O Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, publicado pela CETESB (1999) considera que em uma área contaminada deve-se observar concentrações de elementos a um dado limite denominado Valor de Intervenção, indicando a existência de um risco potencial de efeito deletério sobre a saúde humana, havendo necessidade de uma ação imediata na área, a qual inclui uma investigação detalhada e a adoção de medidas emergenciais, visando a minimização das vias de exposição.

Finotti (1997) propõe a revisão dos valores ambientais a serem atingidos como uma alternativa para diminuir os impactos decorrentes da limitação tecnológica e dos altos custos de remediação.

A aplicabilidade dos valores de referência de qualidade e de intervenção precisa obedecer a condições da localidade, por não apresentar regras para questões inerentes às especificidades pontuais. Casarini *et al* (2002) descrevem a importância de se considerar as especificidades locais devido ao tipo de contaminante, propriedades e uso do solo e situação hidrogeológica, ressaltando que contaminações oriundas de um mesmo agente patogênico não resultam, necessariamente, num mesmo risco, pois este varia com a forma de exposição e esta, é determinada por condições locais específicas.

### 3.4.2 O CONAMA

A Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) Nº 003 de 05/06/1984 que se refere à gestão empenhada em garantir a qualidade dos corpos d'água, controlando os níveis de poluição avaliados por parâmetros de modo a assegurar o atendimento às necessidades da comunidade e ainda, classificou os corpos d'água segundo o fim a que se destina, determina que se promova estudos sobre o assunto e apresente proposta de resolução, reformulando a Portaria GM 013 do Ministério do Interior. Dentre as classificações estabelecidas tinha-se regulamento a classe especial, destinada ao abastecimento doméstico direto e a classe 1, após tratamento simplificado, além de irrigação de hortaliças e frutas consumidas cruas, dentre outras especificações. Para a classe especial, foi exigida a ausência total de coliformes para qualquer amostra e para a classe 1, condições limítrofes foram estabelecidas e exigidas inspeções sanitárias periódicas, no caso dos coliformes totais. Algumas substâncias foram tabeladas em teores máximos, considerando-se sua potencial agressão à saúde pública.

A Resolução 003 ainda inferia sobre as especificidades locais e a possibilidade de órgãos controle ambiental ampliarem ou restringirem parâmetros estabelecidos nesta resolução. Avaliou-se o lançamento de poluentes nos mananciais subsuperficiais como proibidos e ainda, ficou clara a preocupação em elaborarem-se restrições dentro de cada classe, de acordo com o fim destinado.

### 3.4.3 A PREOCUPAÇÃO COM OS CEMITÉRIOS



A Resolução CONAMA 237 de 19/12/1997 já definia as atividades, conceitos e empreendimentos que exigiam licenciamento ambiental e determinava o órgão competente para determinar as exigências, especificidades e riscos ambientais para que fosse concedida uma licença ambiental. Esta Resolução antevia a premente necessidade de cemitérios verticais e horizontais serem submetidos ao processo de licenciamento ambiental.

Para a instalação de cemitérios e a adequação dos já existentes, a resolução CONAMA 335 de 03/04/2003 prevê um potencial poluidor das águas subterrâneas em áreas urbanas de instalação de cemitérios no processo de percolação do necrochorume. O lençol freático, ao ser atingido por esses líquidos humorais, poderá se tornar um risco de saúde pública.

Matos *apud* Matos *et al* (2002) corroboram e induzem que: “(...) as sepulturas provocam um acréscimo na quantidade de sais minerais (bicarbonato, cloreto, sódio e cálcio), de metais (ferro, alumínio, chumbo e zinco), de bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas e clostrídios sulfito-redutores; causando um decréscimo do oxigênio dissolvido na água.”

Identifica-se na presente Resolução a definição de necrochorume como “produto da coliquação”, líquido biodegradável resultante da decomposição corpórea.

No Artigo 3º, sobressai-se a preocupação com a descrição hidrogeológica do local de instalação de cemitérios, onde exige-se caracterização da área de implantação de cemitério, levantamento topográfico, estudo do nível máximo do aquífero freático e sondagem mecânica, na fase de Licença Prévia do Licenciamento Ambiental.

No Brasil, atualmente, contamos com a Resolução número 368 de 28/03/2006 que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios, onde ficam estabelecidos que terrenos cársticos com a presença de cavernas, sumidouros ou rios subterrâneos e áreas de manancial para abastecimento humano são considerados impedimentos para o licenciamento ambiental de instalação de cemitérios

As principais fontes de contaminação das águas subterrâneas no cemitério são as sepulturas com menos de um ano, localizadas nas cotas mais baixas, próximas ao nível freático. Nestes locais, há uma maior ocorrência de bactérias em geral. Há também, um grande consumo do oxigênio existente nas águas. As sepulturas ainda provocam um acréscimo na quantidade de sais minerais, aumentando a condutividade elétrica destas águas. Parece haver um aumento na concentração dos íons maiores bicarbonato, cloreto, sódio e cálcio, e dos metais ferro, alumínio, chumbo e zinco nas águas próximas de sepulturas. (PACHECO & MATOS, 2006).

Os cemitérios existentes na data de publicação da Resolução Nº 335, de 2003, teriam prazo de até dois anos para adequar-se às normas constantes desta Resolução, contados a partir da data de sua publicação.

O DOU, Nº 6.248 de 19/05/2004 prevê (entre outros), na documentação exigida para a Licença Prévia (LP) de Cemitério Horizontal, Parque e Jardim, Vertical e de Animais, um estudo demonstrativo do nível máximo do aquífero freático na estação chuvosa, a sondagem mecânica para a caracterização do solo, a descrição da área e análises físico-química da água subterrânea, no mínimo dos seguintes parâmetros: Cloretos, Nitratos, Nitrogênio Amoniacal, Coliformes Total e Termotolerantes; Condutividade e Metais: Cádmio, Chumbo, Mercúrio e Ferro. Além de exigir um Programa de Monitoramento da Água Subterrânea para a Licença de Instalação (LI).

Nesta mesma Resolução, observa-se que não se deve manter uma distancia da base da sepultura inferior a 1,5m do nível máximo do lençol freático atingido no fim da estação das cheias e, ainda que topograficamente não seja possível manter esta distância, as sepulturas sejam construídas sobre o nível do solo.

O Artigo 10 faz referência às condições especiais que possam ser consideradas para a simplificação desta Resolução: “(...) I - cemitérios localizados em municípios com população inferior a trinta mil habitantes; II - cemitérios localizados em municípios isolados, não integrantes de área conurbada ou região metropolitana; e III - cemitérios com capacidade máxima de quinhentos jazigos.”

Os cemitérios licenciados anteriormente à data desta Resolução, entretanto, necessitaram se adequar, contando com o prazo de 180 (cento e oitenta) dias para que se regularizassem, prazo este que também foi determinado para que os locais sem licenciamento ambiental regularizassem o seu empreendimento e estabelecessem um compromisso de adequação do empreendimento com o órgão ambiental competente.

O padrão de potabilidade, controle e vigilância da qualidade da água foi estabelecido pela Portaria Nº 518 de 25/03/2004, na qual a norma de qualidade da água para consumo humano se tornou obrigatório em todo território nacional. Nesta Portaria, é apresentada a definição de água potável: “água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde”.

Dentro dos parâmetros microbiológicos estabelecidos pelo Artigo 4º, desta Portaria, verifica-se a definição de alguns microrganismos importantes para a saúde pública, bactérias do grupo coliforme e bactérias heterotróficas.

De acordo com esta Portaria Nº 518, admitem-se em formas de abastecimento alternativo e oriundos de poços, fontes e nascentes, coliformes totais (desde não ocorra *E. coli* e/ou termotolerantes) nas amostras individuais. Neste caso, a investigação deve ser feita e medidas de forma preventiva e também corretiva. Devendo-se, então, fazer uma nova análise de coliformes.

O Parágrafo 9º do Artigo 7º orienta que passa a ser, então, das Secretarias Municipais de Saúde a responsabilidade de associar os agravos à saúde com a vulnerabilidade do sistema de abastecimento e informar à população sobre potenciais riscos à saúde inerentes à qualidade da água.

A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 402, de 17/11/2008, publicada no DOU nº 224, de 18 de novembro de 2008 altera os Arts 11 e 12 da Resolução CONAMA no 335/03; revoga o Art. 3o da Resolução CONAMA no 368/06 e altera os Artigos 11 e 12 da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003. Sobre o conteúdo de tal documento, estabelece-se, no novo Artigo 11, que os Órgãos Estaduais e Municipais relacionados ao Meio Ambiente deverão, até dezembro de 2010, definir os critérios para a adaptação dos cemitérios que já existiam em abril de 2003. E ainda, no Artigo 12: “O Plano de Encerramento das atividades deverá constar do processo de licenciamento ambiental, nele incluindo medidas de recuperação da área atingida e indenização de possíveis vítimas.” (BRASIL, 2008).

#### 3.4.4 AS LEIS ESTADUAIS E DO MUNICÍPIO EM ESTUDO

No Estado do Mato Grosso do Sul, foi instituída a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e criado o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, através da Lei Nº 2.406, de 29/01/2002, publicada no DOE (Diário Oficial do Estado) Nº 5.907, de 30/12/2002.

A fim de gerir o acesso qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos, a PNRH sujeita a utilização de água subterrânea à concessão da Superintendência de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SUPEMA), podendo ser suspensa a outorga de direito de uso, na prevenção ou reversão de degradação ambiental grave.

A SUPEMA possui uma central para serviços de licenciamento ambiental, pois é de competência de tal órgão verificar as condições de localização, instalação e operação de atividades potencialmente poluidoras. Na busca pelo aperfeiçoamento do processo de licenciamento, foi publicado, no DOE, Nº 6248 de 19/05/2004, um manual de informações referentes a este processo.

Na cidade de Bonito – MS foi promulgada em 17/12/2002, a Lei Municipal Nº 947 contemplando o uso e ocupação do solo na área urbana. Dentro desta lei municipal, o cemitério é

classificado com uma área de uso do solo, onde são desenvolvidas atividades que podem gerar poluição. A Tabela 3.1 sintetiza alguns dados da referida classificação:

TABELA 3.1 - Parâmetros de Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo nas Áreas de Uso

| Áreas de Uso e Ocupação   | Categorias de uso permitidas            | Lote Mínimo                   | Recuos | Testada | Taxa de Permeabilização | Observações  |
|---|---|-------------------------------|--------|---------|-------------------------|--|
| Áreas de Atividades potencialment e poluidoras e geradoras de transporte de carga | Incômoda sujeito a controle (Anexo III) | Acima de 1.000 m <sup>2</sup> | -      | 230 m   | 50% em todos os casos   | Área destinada preferencialmente às atividades:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Abatedor/aviário;</li> <li>• Serraria;</li> <li>• Marmoraria;</li> <li>• <b>Cemitério</b> (grifo nosso).</li> </ul> Não é permitido o uso residencial<br>Os parâmetros deverão ser de acordo com o projeto do Parque Linear dos Rios Bonito, Restinga e Marambaia. |
| Área de Interesse paisagístico  | Não Incômoda                            |                               | -      |         | -                       | Não é permitido o uso residencial  |
| Área de Proteção Ambiental  | -                                       | -                             | -      | -       |                         | Não é permitido o uso para atividades de caráter urbano  |

Fonte: Bonito/MS (2002)

Atualmente, no âmbito Nacional, dispendo sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, vigora-se a Resolução CONAMA N° 396, de 03/04/2008, a qual faz referência às Resoluções CNRH 12/2000 e CNRH 15/2001 e às Leis 6.938/81 e 9.433/97, estabelecendo os critérios de classificação.

A legislação ambiental Brasileira, no que diz respeito aos cemitérios, é tão recente quanto às pesquisas propostas para estas áreas. A percepção dos perigos, de uma instalação inadequada para o lençol freático e por consequência direta à saúde humana, está apenas no início convergindo dos grandes centros urbanos para cidades turísticas de relevância cênica-ambiental, como é o caso de Bonito/MS.

Necessita-se quebrar paradigmas culturais em relação aos cadáveres, contribuindo então para intensificar pesquisas e minimizar os efeitos da contaminação iminente de aquíferos freáticos por necrochorume.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS:

### 4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Bonito, (Figura 3.1) está situada no sudoeste do Estado do Mato Grosso do Sul a 299 km de Campo Grande. Localiza-se sob marco geodésico  $21^{\circ}7'15''S$ ,  $56^{\circ}28'55''W$ . O município homônimo faz limites com seis municípios, sendo Bodoquena e Miranda ao norte; Porto Murtinho a leste; Jardim ao sul, e Anastácio, Nioaque, Guia Lopes da Laguna a oeste. O principal acesso à área é feito através de vias rodoviárias como as rodovias estaduais MS-345, MS-382 e MS-178, destas a MS-178 que parte da BR-267. O município possui uma população de 17.786 habitantes e área de 4.934,318 km<sup>2</sup> (IBGE, 2008).

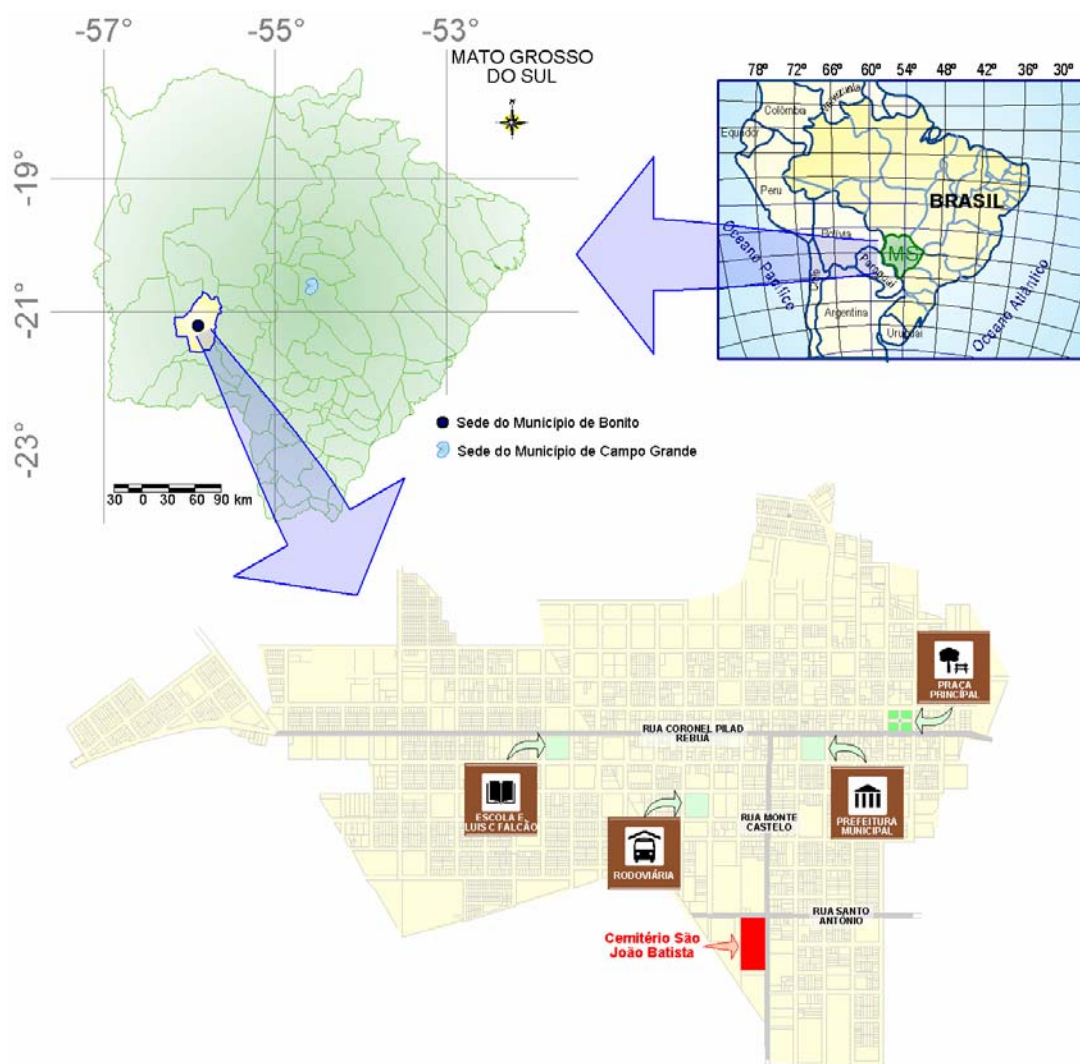


FIGURA 4.1 – Localização do Cemitério de Bonito no Estado de Mato Grosso do Sul.

O projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1982) estabelece a região, na qual está inserida a cidade de Bonito, como assentada especificamente sobre o Planalto da Bodoquena, que bordeja o Pantanal Matogrossense em um conjunto de relevos dispostos no sentido norte-sul, abrangendo como corpo principal a Serra da Bodoquena que se estende por aproximadamente 200 km, apresentando cerca de 65 km de largura. Ainda, no referido projeto, esta região se apresenta geologicamente sob feições complexas e relevos cársticos.

O cemitério Municipal de São João Batista está localizado na Zona sudoeste do município de Bonito/MS. Possui uma área de 20.984,12 m<sup>2</sup>, localizado em uma região dinâmica e urbanizada. O em torno do cemitério é, em grande parte, constituído por residências, duas hortas que abastecem a região, além de hortas para consumo apenas residencial e pequenas casas de comércio.

#### **4.2 METODOLOGIA APLICADA**

Até 2005, o município contava com a exploração de água subterrânea para abastecimento humano por poços domésticos. Com a obra de saneamento na cidade, a prefeitura ordenou que fossem desativados os poços e que fossem feitas as ligações de abastecimento por água tratada pela Sanesul. Porém, não é necessário, percorrer mais do que uma ou duas quadras para se encontrar poços ainda em uso para os mais variados fins, inclusive consumo humano.

Dentre as diversas formas de pesquisa existentes, utilizadas no intuito de atingir objetivos específicos do estudo, foi escolhida, no presente trabalho, uma primeira etapa de levantamentos de campo, com medidas *in situ* e coletas de amostras e outra de análises químicas, com análises físico-químicas e microbiológicas.

No cemitério São João Batista, atualmente, os sepultamentos são diferenciados, constituindo numa parte do cemitério de gavetários (catacumba) em que o fundo é revestido. Porém, a maior parte dos sepultamentos é realizada em covas rasas de 50 centímetros, onde os caixões são enterrados diretamente no solo. A exumação ocorre em um prazo de três a cinco anos, sendo os restos mortais transferidos para uma área específica do cemitério. A demanda é de 4 (quatro) sepultamentos por mês, em média, com caso de saponificação não determinados numericamente.

No início do ano de 2007, após consulta a alguns materiais fornecidos pela própria Prefeitura de Bonito-MS, relacionados ao projeto de saneamento recém-implantado na cidade, foram realizadas entrevistas abertas não-organizadas (CHIZZOTI, 2000) com o Secretário de Obras Municipal (engenheiro Evódio Teodoro da Silva) para que fosse feito o levantamento histórico do

problema da utilização de poços domésticos para consumo humano na região do cemitério em questão. (SILVA, 2008).

Em agosto do mesmo ano, foi realizada uma visita à comunidade da região do entorno do cemitério, com duração de três dias, onde foram realizadas observações e registros das condições do cemitério, entrevistas abertas e semi-estruturadas (VIERTLER, 2002) com 19 moradores e com os dois funcionários municipais responsáveis pela manutenção do cemitério. Além disso, foram levantados os pontos de captação de água por poços domésticos para abastecimento humano e irrigação de hortaliças, conforme a indicação dos moradores. Constatou-se que o cemitério não conta com um piezômetro para verificação periódica da qualidade da água subterrânea na região interna ao cemitério e que a Prefeitura não tinha interesse em construir, naquele momento, esta ferramenta de análise.

No entanto, a ausência do piezômetro como principal ponto de inspeção não impediu de se verificar visualmente o alto nível da água, evidente nos escoamentos nos túmulos (Figura 4.2). Assim sendo, fez-se necessária a pesquisa de localização de poços domésticos nas regiões circunvizinhas com o propósito de se levantar a presença de produtos nocivos à saúde, oriundos do necrochorume, à saúde dos usuários. A maioria dos poços estava totalmente selada, com o propósito de se evitar a utilização de água subterrânea, visto que toda a população passou a ter acesso à água tratada em 2007.



FIGURA 4.2 – Locais de escoamento de água em um túmulo no cemitério.

Foram levantados 14 poços na área em estudo, todos identificados em trabalhos de campo, uma vez que o Município não conta com cadastro de seus poços, tendo estes como poços clandestinos. Os poços e os limites do cemitério (figura 4.3 e 4.4) foram locados com base em coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) por meio de GPS. Houve um controle da altimetria obtida pelo GPS, por meio de pontos cotados no terreno, que foram determinados por serviço de topografia, para implantação da rede de esgotamento sanitário existente no local (figura 4.5).



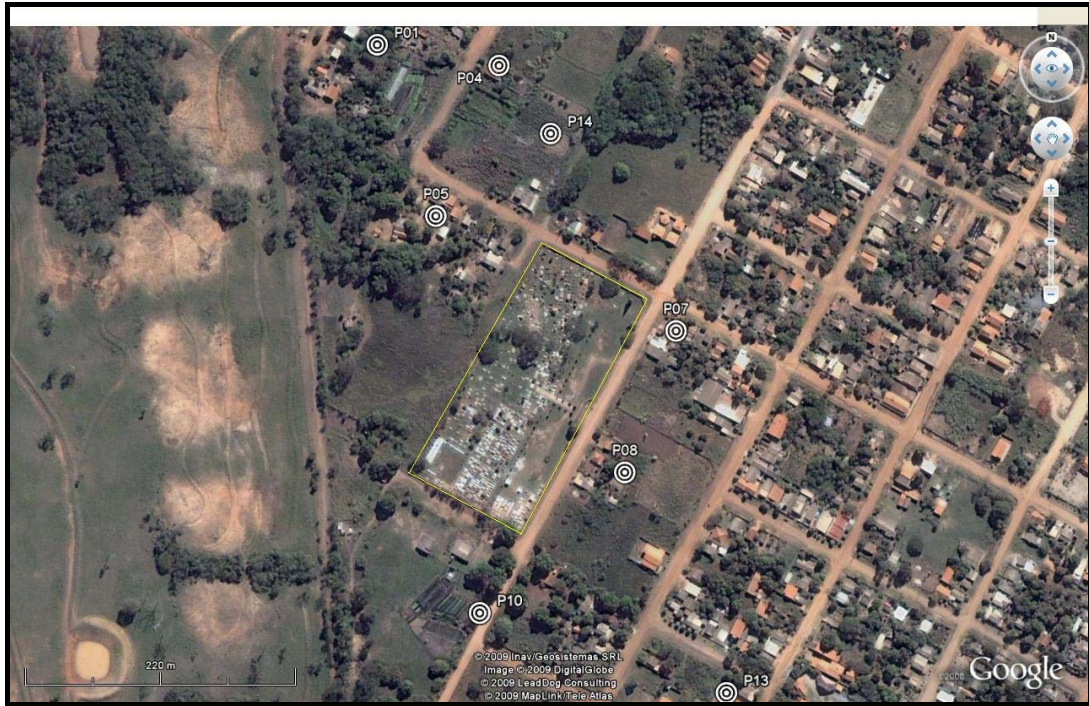


FIGURA 4.3 - Localização dos poços analisados.  
Fonte: Google Earth (2009)



FIGURA 4.4 – Levantamento de campo: obtenção de coordenadas.



FIGURA 4.5 – Aferição da altitude indicada pelo GPS, com ponto cotado no terreno.

Foram, ainda, determinados no campo alguns parâmetros, tais como, profundidade do nível da água, coordenadas UTM e altitude da boca do poço, pH da água, temperatura ar/água. Os poços receberam números que vão de 1 (P01) até 14 (P14). Assim, os poços foram identificados por uma sigla (tabela 4.1). Para cada poço têm-se informações referentes ao proprietário.

TABELA 4.1 - Localização dos poços domésticos e profundidade do nível da água.

| POÇO PESQUISADO | PROFUNDIDADE DO NÍVEL DA ÁGUA (m) | COORDENADAS (UTM)   | ALTITUDE DA BOCA DO POÇO (m) |
|-----------------|-----------------------------------|---------------------|------------------------------|
| P01             | 0,72                              | X552623<br>Y7663286 | 316                          |
| P02             | 0,60                              | X552585<br>Y7663291 | 323                          |
| P03             | 1,25                              | X552637<br>Y7663317 | 314                          |
| P04             | 0,80                              | X552683<br>Y7663276 | 321                          |
| P05             | 1,47                              | X552597<br>Y7663219 | 323                          |
| P06             | 2,68                              | X552629<br>Y7663143 | 322                          |
| P07             | 5,17                              | X552829<br>Y7663053 | 313                          |
| P08             | 3,27                              | X552780<br>Y7662949 | 313                          |
| P09             | 1,68                              | X552720<br>Y7662846 | 316                          |
| P10             | 1,26                              | X552645<br>Y7662868 | 321                          |
| P11             | 0,30                              | X552654<br>Y7662825 | 318                          |
| P12             | 1,95                              | X552907<br>Y7662787 | 312                          |
| P13             | 1,02                              | X552863<br>Y7662726 | 311                          |
| P14             | 1,20                              | X552735<br>Y7663230 | 316                          |

### 4.3 COLETA DE DADOS

Em março de 2008, uma nova etapa, com o intuito de se coletar dados, foi realizada. Dos 14 (quatorze) poços reconhecidos na região, apenas 8 (oito) foram selecionados para coleta de amostras, de acordo com o mapa piezométrico elaborado a partir dos dados de profundidade dos níveis de água e altitude da boca de cada poço. Para este procedimento foi utilizado um medidor de nível elétrico, conforme demonstrado na figura 4.6 e 4.7.



FIGURA 4.6 – Determinação do nível d'água no poço, com utilização de medidor elétrico.



FIGURA 4.7 – Detalhe do medidor elétrico de nível d'água.

Após o levantamento de 14 poços, num raio máximo de 500 metros em torno do cemitério, definiu-se a piezometria da região de estudo, ou seja, o sentido do fluxo subterrâneo (Figura 4.8), para seleção dos poços a serem amostrados para determinação da qualidade da água, frente aos riscos de uma contaminação por necrochorume serem potenciais em solo cárstico com instalação de cemitério. O mapa piezométrico da área do cemitério de Bonito-MS foi obtido com a utilização do programa computacional SURFER.

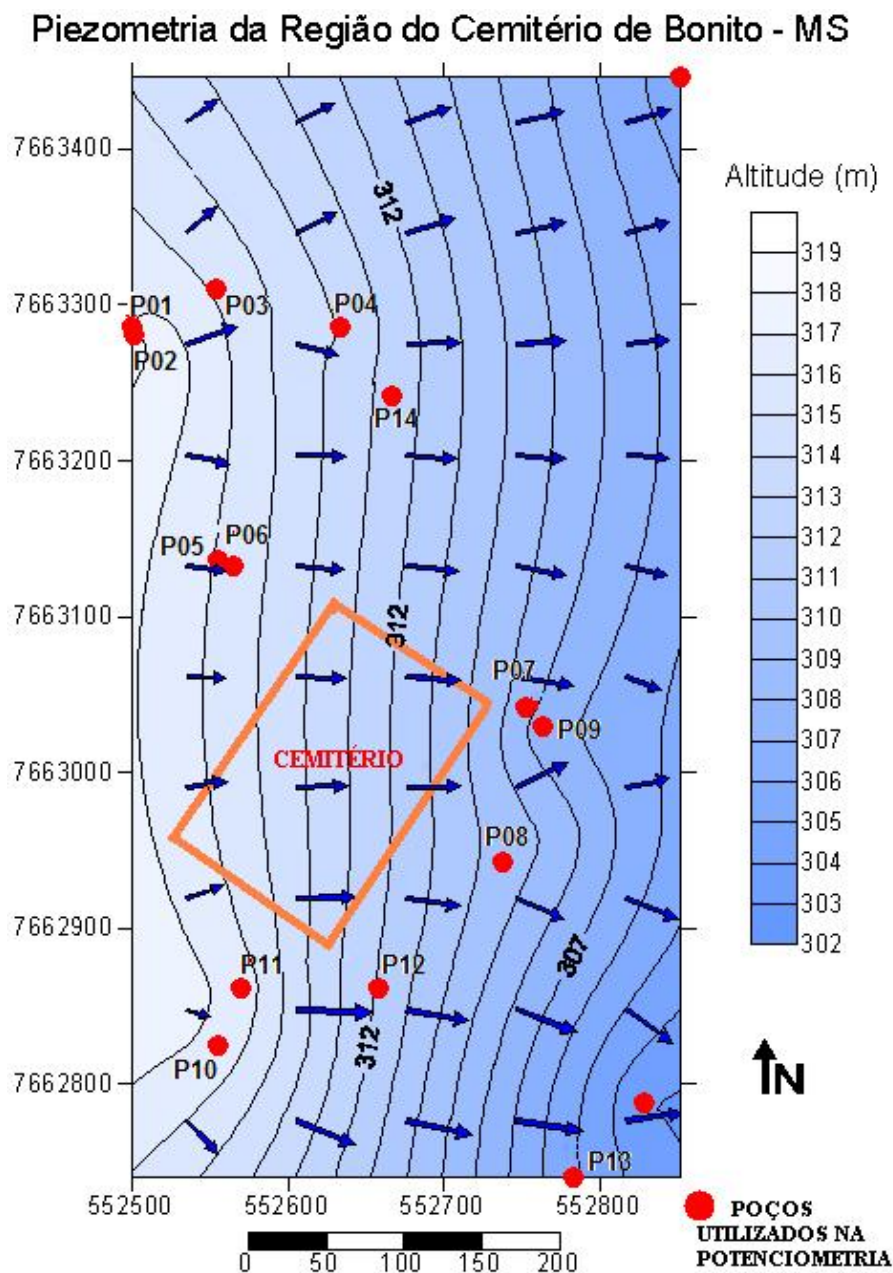


FIGURA 4.8 - Mapa piezométrico dos poços pesquisados

Tal subsídio foi realizado objetivando o conhecimento da direção do fluxo das águas subterrâneas na região do cemitério, permitindo detectarem-se quais poços estariam sob suposta contaminação por veiculação hídrica de necrochorume.

Depois de verificado o sentido do fluxo, foram determinado os poços nos quais seriam realizadas as análises microbiológicas e físico-químicas.

As amostras foram obtidas durante o dia, entre as 10:00 horas e às 17:00 do mesmo dia, com céu ensolarado, sem nuvens e temperatura entre 25° e 28°C, no mês de março, que corresponde ao final do período de chuvas e, conseqüentemente, com o nível de água mais próximo da superfície do terreno.

Utilizando-se coletores descartáveis, de acordo com *Standard Methods for the Examination Water and Wastewater* (APHA, 1985) e envasadas, onde as amostras destinadas á realização das análises microbiológicas foram vedadas (em frascos estéreis de vidro) e acondicionadas em caixas isotérmicas com gelo e conduzidas ao laboratório, em um prazo inferior a 24 horas, conforme a figura 4.9.



FIGURA 4.9 – Pesquisa de campo: Amostrador descartável

Quanto às amostras para as análises físico-químicas, passaram por processo de filtração à vácuo no campo (figura 4.10) e depois, acondicionados em frascos estéreis de polietilenoantes, antes de serem enviadas para o laboratório. Foram tomadas 2 (duas) amostras de 500 mL de cada poço, sendo uma delas, com aplicação de conservante (ácido nítrico) para os metais, de acordo com a figura 4.11.



FIGURA 4.10 – Filtração a vácuo das amostras de água, realizada no campo.

Inicialmente, foram feitas in loco a medição da temperatura do ar e da água (em graus Celsius) e pH da água, utilizando-se termômetros e pHmetro (Figura 4.12).



FIGURA 4.11 – Materiais para análise no campo de pH e temperatura.

#### 4.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises laboratoriais microbiológicas pelo Laboratório do Departamento de Tecnologia e Saúde Pública (DTA) – Faculdade de Nutrição da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), sendo os equipamentos utilizados no acondicionamento das amostras na coleta de campo e no laboratório, gentilmente cedidos pelo referido Departamento.

Os procedimentos das análises realizadas são descritos a seguir e foram cumpridas as normas do *Standard Methods for the Examination Water and Wastewater*:

- Para a determinação de CT e *P. airuginosa*, utilizou-se a Técnica dos Tubos Múltiplos em série de 10 (dez) tubos para o Número Mais Provável por 100 mL (NMP/100 mL) (APHA, 1995);
  - A presença de termotolerantes e a contagem de bactérias heterotróficas foram estimadas pela Técnica Pour Plate (APHA *op cit*)
  - A presença de bactérias proteolíticas também foi examinada através da Técnica de Tubos Múltiplos, na qual se usou um meio de cultura composto por Agar Padrão para Contagem



(PCA), em uma série de 5 (cinco) tubos para cada diluição de amostra e incubados a 37°C por 48 horas;

Nas amostras para detecção de CSR, foi realizada a contagem de unidades formadoras de colônias (UFCs) por passagem de 100 mL por uma membrana de celulose (0,45mm de porosidade) e incubação de mesma em meio de cultura a 37°C por 24 horas (APHA, 1995); e

- Os microrganismos aeróbios mesófilos também foram determinados com a utilização de PCA, fornecendo dados de contaminação total que, para água potável, não deve conter mais de 500 UFC/ mL.

#### 4.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os parâmetros físico-químicos analisados neste estudo são determinados por normas nacionais e internacionais que classificam as águas subterrâneas quanto à sua potabilidade, nos quais os valores obtidos foram, então, comparados com os pré-estabelecidos. No Brasil, a Portaria Nº 518 relaciona os valores máximos permissíveis, definindo os padrões de potabilidade da água para consumo humano.

As amostras para análises físico-químicas foram enviadas para o Laboratório de Hidrogeologia e Hidrogeoquímica – H2L - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), onde foram analisados novamente índices de pH e condutividade elétrica e ainda, determinações de sódio (Na), potássio (K), silício (Si), magnésio (Mg), cálcio(Ca), estrôncio (Sr), alumínio (Al), zinco (Zn), fósforo (P), bário (Ba), cádmio (Cd), níquel (Ni), manganês (Mn), ferro (Fe), cromo (Cr), chumbo (Pb), cobre (Cu), cobalto (Co), lítio (Li), amônio (NH<sub>4</sub>), hidrogenocarbonato (HCO<sub>3</sub>), CO<sub>3</sub>), fluoreto (F<sup>-</sup>), Cloreto (Cl<sup>-</sup>), nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), bromo (Br<sup>-</sup>), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), sulfato(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

Estas determinações foram feitas baseadas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1995) e as determinações de Na e K foram realizadas por Espectrofotometria de Absorção Atômica (FAAS), os metais por Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma de Argônio Indutivo (ICP-AES), e os ânions foram realizadas por Cromatografia iônica (IC).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentados os resultados de um levantamento de dados, no qual foram enfatizadas etapas metodológicas que permitissem o levantamento de dados, os parâmetros hidrogeológicos, a análise das amostras de águas coletadas de poços domésticos, da região em torno do cemitério municipal.

De um modo geral, as águas subterrâneas da área estudada apresentam indicadores de más condições sanitárias.

Os padrões estabelecidos para a qualidade da água para consumo humano são rígidos em muitos países, inclusive no Brasil. Porém, a exploração da água subterrânea além de atender uma demanda crescente deste recurso, ainda se apresenta como uma alternativa de baixo custo, nos aglomerados urbanos.

Nas entrevistas realizadas com os moradores da região do entorno do Cemitério Municipal de São João Batista, evidenciou-se que disponibilidade recente de água tratada é, para muitos moradores, um privilégio de custo muito elevado. As condições geológicas da região favorecem a construção de poços domésticos rasos, diminuindo os custos de instalação e facilitando a utilização deste recurso na maior parte do ano em níveis altos.

A fiscalização municipal ocorre no intuito de garantir a ligação da água tratada para as residências, mas a sensibilização dos moradores dos possíveis riscos para a saúde pública ainda é deficiente. A afirmação inicial da prefeitura era de que não existiam mais poços domésticos ativos. Todavia, com alguns minutos de entrevista com os moradores da região do entorno do cemitério verificou-se a existência e o uso destes poços para consumo humano, irrigação de hortaliças para consumo sem fervura prévio, dessedentação de animais, criação e pesca de peixes para consumo e ainda, nos casos onde a água subterrânea aflora no terreno, a utilização para recreação.

A educação para os riscos deste consumo para a saúde não foi percebido nas entrevistas como um processo eficiente. Os moradores apesar de não terem demonstrado nenhuma preocupação com os possíveis riscos à saúde, se mostraram preocupados com uma possível função fiscalizadora da entrevista em questão.

Foram analisados 33 parâmetros físico-químicos, sendo 18 parâmetros comparados com os valores orientadores do Decreto MS 518, CONAMA 396 e CETESB (2005). Pelo fato do Estado do

Mato Grosso do Sul não possui uma lista própria de valores orientadores, optou-se por tal procedimento.

Na interpretação dos resultados, devido à não-definição de parâmetros para a análise nas Resoluções CONAMA 335/2003, 368/2006 e 402/2008, considerou-se os limites estabelecidos nas seguintes normas nacionais e internacionais (utilizadas no âmbito nacional):

- Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) relativa à classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas - CONAMA n.º. 396/08 (BRASIL, 2008);
- Portaria do Ministério da Saúde (MS) que define a potabilidade da água – MS 518/04 (BRASIL, 2004); e
- CETESB, 23/11/05 que estabelece valores orientadores para água subterrânea no Estado de São Paulo e quando na ausência de valores orientadores estaduais próprios, são usados por outros estados.

Foram considerados, para fins de apresentação da discussão dos resultados, os parâmetros que não estavam obedecendo às normas acima, apresentando-se com valores maiores que os pré-estabelecidos.

O Monitoramento dos poços foi realizado no final do período de seca de 2007 e no final do período chuvoso de 2008. Percebeu-se uma variação média no nível da água de 2,72m. A precipitação pluviométrica determina a variação do nível da água nos poços (tabela 5.1) e, através destas medidas, foram calculadas as cargas hidráulicas, possibilitando a elaboração do mapa piezométrico para o mês de março de 2008, período de coleta das amostras. As distribuições das cargas hidráulicas indicaram fluxo para a direção leste do cemitério.

TABELA 5.1 – Variação do nível d'água

| POÇO N.º. | PROFUNDIDADE DO NÍVEL DA ÁGUA |            |
|-----------|-------------------------------|------------|
|           | Setembro 2007                 | Março 2008 |
| 01        | 3,59                          | 0,72       |
| 04        | 4,25                          | 0,80       |
| 05        | 4,51                          | 1,47       |
| 07        | 8,22                          | 5,17       |
| 08        | 4,83                          | 3,27       |
| 10        | 3,29                          | 1,26       |
| 13        | 3,92                          | 1,02       |
| 14        | 4,11                          | 1,18       |

Pacheco *apud* Abrão (2007) e Matos *et al* (1998) apresentaram estudos conclusivos sobre a relação direta entre a localização dos poços e a possível contaminação, o que levou a expectativa de que as distâncias dos poços serem inversamente proporcionais à possibilidade desta contaminação. Esta suposição foi confirmada, sugerindo uma significativa contribuição do cemitério para a contaminação do aquífero, minimizando, teoricamente, a ação de outros fatores, na contaminação fecal das águas coletadas.

## 5.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Os resultados encontrados na análise microbiológica foram interpretados de acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

Os indicadores apresentados na tabela 5.2 foram utilizados por estarem diretamente relacionados à contaminação por homeotermos ou na decomposição de matéria orgânica. Martins *et al* (1991) consideram os Estreptococos fecais e os C. Sulfito Redutores como os melhores indicadores da qualidade da água subterrânea em ambientes com decomposição de cadáveres. Nesta perspectiva, buscou-se estabelecer um vínculo seguro entre a relação entre a qualidade da água e a contaminação por necrochorume ao levantar estes agentes microbiológicos específicos.

A contaminação por coliformes totais, bactérias proteolíticas e heterotróficas foi observada em todos os poços residenciais analisados, com exceção do P14 que se apresentou dentro dos padrões exigidos para água potável para o Grupo Coliforme.

TABELA 5.2 – Avaliação microbiológica

| ANÁLISES<br>MICROBIOLÓGICAS                             | POÇOS |        |        |        |          |         |        |          |
|---|-------|--------|--------|--------|----------|---------|--------|----------|
|   | P01   | P04    | P05    | P07    | P08      | P10     | P13    | P14      |
| Coliformes Totais<br>(NMP/100mL)                        | 2400  | 4600   | >11000 | >11000 | >11000   | 2100    | 11000  | Ausentes |
| Termotolerantes<br>(NMP/100 mL)                         | 2400  | 4600   | >11000 | 230    | >11000   | 430     | 11000  | Ausentes |
| Contagem de Bactérias<br>Heterotróficas<br>(UFC/100 mL) | 56000 | 670000 | 84000  | 860000 | 25000000 | 2800000 | 160000 | 13000    |
| Contagem de Bactérias<br>Proteolíticas (NMP/100<br>mL)  | 4600  | >11000 | 11000  | 11000  | >11000   | >11000  | 11000  | 430      |
| Clostridio Sulfito<br>Redutor (UFC/100 mL)              | 100   | 100    | <100   | 1400   | 650      | 430     | 200    | 100      |
| <i>Pseudomonas<br/>aeruginosa</i> (NMP/100<br>mL)       | 11000 | 40     | 230    | 40     | 230      | 930     | 930    | 200      |
| Enterococos (NMP/<br>100 mL)                            | 70    | 1500   | 2400   | 90     | 2100     | 930     | 210    | 90       |

Os poços residenciais P04, P05, P08, P10 e P13 tiveram também, aumento do índice para enterococos. Os poços residenciais P05, P08 e P13 apresentaram elevados índices para termotolerantes. Os poços residenciais P01, P04, P05, P07, P08, P10, e P13 tiveram suas águas condenadas devido à presença elevada de coliformes totais e termotolerantes.

Por coincidir ao final do período mais chuvoso, provavelmente foram obtidas amostras mais diluídas, representando uma possibilidade de concentração ainda maior no período de seca.

Vasconcelos *et al apud* Almeida (2008) apresentaM a contaminação por necrochorume um importante determinador da presença da bactéria *P. aeruginosa* nas águas dos poços por necessitarem de matéria orgânica e sais (não encontrados naturalmente).

Segundo Carvalho Júnior & Costa e Silva *apud* Matos (2001), deve-se observar com cautela as concentrações de C. totais e termotolerantes nessas ocasiões, pois estes podem ser provenientes de outras fontes geradoras.

## 5.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Para a água ser considerada potável, a sua análise deve obedecer a um padrão quantitativo de substâncias químicas inorgânicas que estabelecem risco para a saúde pública. Este padrão é determinado pela legislação vigente. Os valores de temperatura do ar e da água e pH, medidos nos poços, estão apresentados na tabela 5.3.

TABELA 5.3 – Temperatura e do ar e da água e pH dos poços analisados em campo

| POÇO Nº. | ÁGUA |                  | AR               |
|----------|------|------------------|------------------|
|          | pH   | TEMPERATURA (°C) | TEMPERATURA (°C) |
| 01       | 6,64 | 26               | 24,5             |
| 04       | 7,35 | 26               | 24               |
| 05       | 7,21 | 25,5             | 24,5             |
| 07       | 7,40 | 25,5             | 27,5             |
| 08       | 7,43 | 25               | 25               |
| 10       | 7,29 | 26,5             | 25               |
| 13       | 7,39 | 25               | 24,5             |
| 14       | 7,21 | 25               | 26,5             |

A temperatura e o pH da água, bem como a condutividade elétrica, foram medidos em laboratório. Os dois primeiros fatores se mantiveram constantes, com pequena variação. A condutividade elétrica variou entre 317 e 827  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Em nenhum poço amostrado foi verificado valor de condutividade elétrica que atingisse 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , não sendo, assim, determinado um acréscimo expressivo de íons nas águas subterrâneas na região estudada.

Na Figura 5.1 são apresentados os resultados das análises químicas realizadas em laboratório

QUADRO 5.1 – Resultados de temperatura, condutividade e pH

| Amostra Identif, | Temperatura °C | Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$ | pH Tampão de 4 e 7 |
|------------------|----------------|---------------------------------------|--------------------|
| Poço – 1         | 23,3           | 317                                   | 7,1                |
| Poço – 4         | 23,2           | 594                                   | 7,6                |
| Poço – 5         | 23,3           | 827                                   | 7,7                |
| Poço – 7         | 23,3           | 779                                   | 7,8                |
| Poço – 8         | 23,2           | 518                                   | 7,6                |
| Poço – 10        | 23,3           | 773                                   | 7,6                |
| Poço – 13        | 23,3           | 569                                   | 7,7                |
| Poço – 14        | 23,2           | 712                                   | 7,5                |

De maneira geral, todos os parâmetros microbiológicos apresentaram irregularidades quanto aos limites determinados pelas normas consultadas e ainda, Fe (P08), Mn (P08 E P14) e Li (P01) também apresentaram valores alterados. Estes fatores, segundo Esteves (1988), merecem uma especial atenção, pois podem estar diretamente relacionados à condição geológica local.

Os poços P01, P05, P07, P10 e P13 e P14 também estiveram em desacordo nos parâmetros de nitrato.

TABELA 5.4 – Resultado das análises físico químicas comparado com os valores orientadores

| ANÁLISES<br>(mg/L)                          | POÇOS  |        |        |        |        |        |        |        | VALORES ORIENTADORES     |                  |                  |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|------------------|------------------|
|   | P01    | P04    | P05    | P07    | P08    | P10    | P13    | P14    | DECRET<br>O MS<br>518/04 | CETESB<br>195/05 | CONAMA<br>396/08 |
| Na  | 18,2   | 15,0   | 10,9   | 31,7   | 21,5   | 29,6   | 6,98   | 3,38   | 200                      | -                | 200              |
| K   | 0,14   | 0,70   | 0,38   | 0,66   | 4,61   | 1,41   | <0,10  | <0,10  | -                        | -                | -                |
| Si  | 2,58   | 6,80   | 8,77   | 11,9   | 6,39   | 5,90   | 6,71   | 8,18   | -                        | -                | -                |
| Mg  | 9,80   | 21,1   | 47,1   | 17,8   | 15,9   | 38,9   | 24,9   | 28,7   | -                        | -                | -                |
| Ca  | 24,7   | 73,0   | 96,5   | 98,1   | 57,5   | 81,6   | 67,9   | 92,1   | -                        | -                | -                |
| Sr  | 0,10   | 0,30   | 0,31   | 0,34   | 0,16   | 0,18   | 0,20   | 0,42   | -                        | -                | -                |
| Al  | 0,019  | 0,029  | 0,019  | <0,010 | 0,13   | 0,014  | 0,024  | 0,023  | 0,2                      | 0,2              | 0,2              |
| Zn  | <0,010 | <0,010 | <0,010 | 0,043  | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | 5                        | 5                | 5                |
| P   | <0,10  | <0,10  | <0,10  | <0,10  | 0,34   | 0,14   | <0,10  | <0,10  | -                        | -                | -                |
| BA  | 0,25   | 0,11   | 0,33   | 0,39   | 0,23   | 0,29   | 0,20   | 0,40   | -                        | -                | 0,7              |
| Cd  | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | 0,005                    | -                | 0,005            |
| Ni  | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | -                        | 0,02             | 0,02             |
| Mn  | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | 0,42   | <0,010 | <0,010 | 0,26   | 0,1                      | 0,4              | 0,1              |
| Fe  | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | 1,62   | <0,010 | <0,010 | <0,010 | 0,3                      | 0,3              | 0,3              |
| Cr  | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | 0,05                     | 0,05             | 0,05             |
| PB  | <0,020 | <0,020 | <0,020 | <0,020 | <0,020 | <0,020 | <0,020 | <0,020 | 0,01                     | 0,01             | 0,01             |
| Cu  | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | 2                        | 2                | 2                |
| Co  | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | -                        | 0,005            | ausente          |
| Li  | 0,33   | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | -                        | -                | ausente          |
| NH <sub>4</sub>                             | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  | -                        | -                | -                |
| HCO <sub>3</sub>                            | 70,4   | 347    | 476    | 329    | 296    | 423    | 337    | 412    | 1                        | -                | 1                |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>               | <2,0   | <2,0   | <2,0   | <2,0   | <2,0   | <2,0   | <2,0   | <2,0   | 10                       | 10               | 10               |
| F <sup>-</sup>                              | 0,18   | 0,38   | 0,27   | 0,40   | 0,50   | 0,27   | 0,34   | 0,31   | -                        | -                | -                |
| Cl <sup>-</sup>                             | 17,9   | 18,1   | 43,3   | 64,1   | 28,7   | 38,9   | 10,2   | 23,70  | -                        | -                | -                |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                | 0,24   | 0,16   | 0,18   | 0,39   | <0,05  | 0,23   | 0,24   | 0,490  | 250                      | -                | 250              |
| Br <sup>-</sup>                             | 1,41   | 2,65   | 3,19   | 1,82   | 2,45   | 3,18   | 2,16   | 2,99   | 1,5                      | -                | 1,5              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                | 67     | 3,7    | 12,4   | 51,7   | <0,25  | 13,8   | 17,9   | 22,8   | 250                      | -                | 10               |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>               | <0,50  | <0,50  | <0,50  | <0,50  | <0,50  | <0,50  | <0,50  | <0,50  | -                        | -                | -                |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>               | 8,88   | 14,9   | 16,9   | 24,2   | 4,01   | 27,5   | 12,5   | 12,1   | -                        | -                | -                |
| C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | <0,25  | <0,25  | <0,25  | <0,25  | <0,25  | <0,25  | <0,25  | <0,25  | -                        | -                | -                |

Os valores obtidos de nitrato se mostraram alteradas em 75% das amostras, apresentando, em média, 209% superiores aos VMP.

De acordo com Matos (2001), as sepulturas provocam um aumento na quantidade de sais minerais, aumentando também sua condutividade elétrica, gerando um aumento na concentração de íons maiores como Na e Ca, bem como de alguns metais nas águas próximas as sepulturas. Percebeu-se uma variação da condutividade elétrica considerável dos P07, P10 e P14 com índices superiores a 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e foi observada uma considerável alteração de íons (Ca, HCO<sub>3</sub> e Mg) e P08, no qual constatou-se altos valores de Fe e Mn (respectivamente 3 e 4 vezes maior que os VMP), sugerindo contaminação oriunda de sepulturas.

Santos *apud* Espíndula (2004) indica as concentrações geralmente encontrada nos aquíferos (quadro 5.2)

QUADRO 5.2 – Concentrações freqüentes em águas subterrâneas

| ÍON      | CONCENTRAÇÃO  |
|----------|---------------|
| Potássio | 1 a 5 mg/L    |
| Cálcio   | 10 a 100 mg/L |
| Magnésio | 1 a 40 mg/L   |

Fonte: Espíndula (2004).

Nos poços analisados, o índice de K, no P08, ficou muito próximo de atingir o valor máximo da tabela 5.5. Considerando que o alto teor de potássio pode estar relacionado ao processo de decomposição dos corpos e que o P08 está localizado em posição mais próxima ao cemitério, torna-se um fato relevante.

O P05 mostrou um índice de cerca 20% mais elevado de Mg para uma amostra. Esta substância pode indicar uma relação com os materiais de confecção das urnas mortuários. Nas amostra do P05, P07 e P14, o índice de Ca observou-se limítrofe para o máximo esperado.

As tabelas consultadas de valores orientadores para a avaliação de qualidade para o consumo humano, apesar de facilitar a padronização nacional, fomenta a discussão sobre as diferenças hidrogeológicas, particularidade e diversidades de cada região do Brasil.

As condições hidrogeológicas inerentes ao solo cárstico requer uma maior especificidade na legislação ambiental, no tocante à instalação de cemitérios e dos parâmetros microbiológicos e físico-químicos a serem considerados para a utilização de água subterrânea.

Com efeito, mesmo com resultados obtidos que indicam uma notória contaminação microbiológica e ainda, um alto índice de nitrato, para que se tenham resultados mais efetivos, faz-se essencial, além da realização de mais análises sazonais, uma adequação de métodos mais eficazes, como caracterização hidroquímica e o enquadramento para a região cárstica em questão.



## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES:

A elevada concentração da presença de bactérias proteolíticas e de bactérias heterotróficas, com valores que atingem os 25 milhões de Unidades Formadoras de Colônia para cada 100 mL, aponta uma suposta contaminação do aquífero na região do Cemitério São João Batista. A existência desses níveis elevados de tais microrganismos indica uma atividade de degeneração orgânica acentuada. Concomitante a estes resultados, mostra-se notório o alto índice do grupo coliformes, de *P. aeruginosa*, enterococos e CSR. Quanto aos parâmetros físico-químicos, os nitratos os apontam uma suposta contaminação.

Os maiores indicadores também se mostram presentes nos poços imediatamente a jusante do cemitério. A contagem de bactérias heterotróficas, por exemplo, mostra valores que excedem em 12 mil vezes os poços localizados em direções contrárias ao fluxo do aquífero.

Os poços mais afetados por esta provável contaminação apresentam também maior concentração de CSR, fator este que confirmam tais microrganismos como indicadores de dejetos intestinais humanos ou animais.

Percebe-se também a elevada existência de C. Totais e termotolerantes nas amostras, estando estes também em expressivo aumento quantitativo no sentido de fluxo da água subterrânea. Porém, tal indicador pode ser proveniente de outros potenciais poluidores. Este aspecto também emerge a possibilidade de contaminação por esgotos, nas áreas mais distantes do cemitério, devido à baixa resistência desses microrganismos, caso fossem provenientes unicamente das sepulturas.

O outro indício microbiológico, as colônias de enterococos, aponta para a contaminação por necrochorume, pois tal agente, pertencente ao trato intestinal humano, é normalmente inexistente em áreas não poluídas e têm poucas evidências associadas a animais silvestres e lixiviação. Além disso, geralmente não se multiplicam em águas poluídas, sendo, portanto, sua presença indicativa de contaminação fecal recente.

As análises físico-químicas apontam alterações, em termos de valores orientadores, porém não foi verificado um padrão de divergências nos poços analisados que permitissem determinar uma contaminação à jusante do fluxo de água do interior do cemitério. A única exceção é o índice de nitrato, alterado na maioria dos poços em valores bastante elevados, o que aponta um aumento na concentração de produtos nitrogenados, determinando que as condições higiênicas e sanitárias dessas águas são alteradas pelo necrochorume ou por esgoto.

Os sedimentos, sobre os quais, assenta-se a região do Cemitério São João Batista são de natureza predominantemente cárstica. A superfície freática na região, em média de 1,86 m de profundidade, em relação à superfície do terreno, no final da época de chuva, é um fator que ratifica a preocupação com a contaminação por necrochorume, visto que as inumações são realizadas superficialmente.

Conforme a revisão bibliográfica exposta neste trabalho e diante dos resultados das pesquisas, infere-se, no caso do Cemitério de Bonito/ MS, como as condições hidrogeológicas tornam mais vulnerável o aquífero. As condições de infiltração e inclinação do terreno, sua localização e altimetria em relação às demais áreas, associados aos resultados das amostras analisados, permeiam a probabilidade de contaminação por líquidos cadavéricos. Porém, a falta de parâmetros específicos para diferenciar a contaminação originada por necrochorume e por fossas sépticas impossibilitam a afirmação categórica sobre a origem da contaminação detectada.

A instalação de cemitérios, principalmente em áreas urbanas precisa ser considerada como uma fonte potencial de poluição e pelas experiências históricas, deve ser analisada como um problema afim a diversos municípios. Com isso, consideramos que se atingiram os objetivos do presente trabalho que apresenta relevância ao questionar a divergência ou, inexistência, de parâmetros determinantes para constatação inequívoca da origem do agente contaminante em áreas menos urbanizadas.

A alta variação do nível da água nos poços domésticos entre a estação de seca (setembro) e das cheias (março) é um fator importante a ser considerado, sugerindo que as análises sejam repetidas no período de mínima do limite de água, uma vez que as análises foram feitas apenas no final da estação de cheia por limitações financeiras. Talvez torne-se necessário aumentar a escala de análise para se permitir a observação de possíveis fontes de contaminação externas ao cemitério

Todos os poços analisados estão com altos índices de contaminação microbiológica, sugerindo uma revisão da utilização de poços domésticos, captação e tratamento de águas subterrâneas, pois mesmo sendo aqueles considerados como clandestinos pela prefeitura, ainda são utilizados para dessedentação, irrigação de hortaliças e, algumas vezes, para o consumo.

À Prefeitura do Município em questão, recomenda-se a adoção das adequações propostas pela Resolução CONAMA 335/03 e alterada pelas Resoluções 368/06 e 402/08, no que diz respeito, principalmente, à profundidade das covas e destinação dos dejetos orgânicos.

Sugerimos também a implantação de um sistema de monitoramento das águas no interior do cemitério, por meio da instalação de piezômetros, e nos poços domésticos da região, por

profissional qualificado, bem como a realização de estudos que ressaltem a ocorrência de vírus nesta região, pois são escassas as pesquisas em regiões análogas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABRÃO, M.E.A.S. **Avaliação da Contaminação de Água Subterrânea a Partir de Cemitérios: O Caso do Cemitério Santo Amaro em Campo Grande – MS.** Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais). Departamento de Hidráulica e Transportes, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2007.

ALMEIDA, F.; ESPÍNDULA, J.; VASCONCELOS, U.; CALAZANS, G. **Avaliação da Ocorrência de Contaminação Microbiológica no Aquífero Freático Localizado Sob o Cemitério da Várzea em Recife-Pe.** Águas Subterrâneas, América do Sul, 2008.

**AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA.. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods.** Editor Marvin L. Speck. Washington, 1976. p. 190 – 193

\_\_\_\_\_, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 16<sup>th</sup> ed. New York, 1985.

\_\_\_\_\_, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,** 19th ed., AWWA, Washington, 1995.

ARAÚJO, P.P. *et al.* **Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas: Estudo de Caso em Santa Isabel do Pará.** In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis/SC, 2002. p. 01 - 09.

BARROS, L.M.A. *et al.* **Proposta de Remediação para a Contaminação de um Aquífero: Estudo de Caso.** In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis/SC, 2002. p. 02

BEREZUK, A.G. & GASPARETTO, N.V.L. **Ocorrência de Chumbo E Zinco na Água Subterrânea de Maringá/PR.** Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis/SC, 2002.

BOGGIANI. P.C. & CLEMENTE, J. **A questão do Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Turísticos no Planalto da Bodoquena – Mato Grosso do Sul.** *Revista de Geografia,* Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, A. G. B. – Dourado/MS, 1999: p. 24 - 32.

BONITO/MS (Município). Lei nº 947. Dispõe sobre o Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo e dá providências. Bonito/MS, 2002.

BRASIL. Lei nº 9.433. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília/DF, 1977.

\_\_\_\_\_, Lei nº 9.984. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasília/DF, 2000.

\_\_\_\_\_, Lei nº 6.938. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília/DF, 1981.

\_\_\_\_\_, Portaria Nº. 518, de 25 de março de 2004. Estabelece as normas e padrões de potabilidade de água destinada ao consumo humano. Diário oficial da República Federativa do Brasil, Ministério da Saúde, Brasília/DF.

\_\_\_\_\_, Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul. Suplemento Nº. 6248, de 19 de maio de 2004. Altera a documentação exigida na implantação de cemitério horizontal, parque e jardim, vertical e de animais.

\_\_\_\_\_, Resolução No. 368, de 28 de março de 2006. Altera dispositivos da resolução 335 de 03 de abril de 2003 que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Diário oficial da República Federativa do Brasil, Ministério da Meio Ambiente, Brasília/DF.

\_\_\_\_\_, Constituição Federal, Coletânea de Legislação de Direito Ambiental. 4ª Edição. Ed. Revista dos Tribunais. São Paulo/SP, 2005.

\_\_\_\_\_, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 003. Dispõe sobre a reformulação da Portaria/GM/ Ministerial nº 13, de 15 de janeiro de 1976. 1984.

\_\_\_\_\_, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 237. Dispõe sobre a reformulação da Portaria/GM/ Ministerial nº 13, de 15 de janeiro de 1976. 1997.

\_\_\_\_\_, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 335. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. 2003.

\_\_\_\_\_, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 368. Altera dispositivos da Resolução Nº 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. 2006.

\_\_\_\_\_, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 402. Altera os artigos 11 e 12 da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003. 2008.

\_\_\_\_\_, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 396. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. 2008.

\_\_\_\_\_, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução Nº 22. Estabelece diretrizes para inserção das águas subterrâneas no instrumento Planos de Recursos Hídricos. 2002.

\_\_\_\_\_, Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL: Levantamento dos Recursos Naturais. Folha SF.21 Campo Grande. Rio de Janeiro/RJ, 1982. v. 28.

\_\_\_\_\_, Ministério de Minas e Energias. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul**, 2006. Disponível em [http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel\\_mato\\_grosso\\_sul.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_mato_grosso_sul.pdf). Acesso em 12 set.2008.

CARUSO, R. **Água Vida**. Fundação Cargill. Campinas/SP, 1998. 112 p.

CASARINI, D.C.P.; DIAS, C.L.; LEMOS, M.M.G. **Critérios de Qualidade de Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – Valores Orientadores**. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis/SC, 2002. p.01-17.

\_\_\_\_\_, **Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005**. Cetesb. São Paulo/SP, 2005.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisas em Ciências Humanas e Sociais**. Ed. Cortez. São Paulo/SP, 2000.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª Ed. Edgard Blucher. São Paulo/SP, 1980.

\_\_\_\_\_, **Morfologia do Relevo na Média Bacia do Rio Corumbataí**. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. São Paulo/SP, 1993.

COMEC (Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba). **Plano de Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo da Região do Karst na Região Metropolitana de Curitiba**. 2002. Revista Eletrônica Geografar. Curitiba/PR, 2006. v.1, n.1, p.20-37, Jul./dez.. Disponível em [www.comec.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=78](http://www.comec.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=78). Acesso em 13 fev. 2009

COSTA, W.D., MENEGASSE, L.N. & FRANCO, R.D. **Contaminação da Água Subterrânea Relacionada com os Cemitérios da Paz e da Saudade no Município de Belo Horizonte, Minas Gerais**. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis/SC, 2002. p. 14.

DIAS, C.L.; CASARINI, D.C.P. **Gerenciamento da Qualidade de Solos e Águas Subterrâneas. Relatório Técnico de Viagem à Holanda**. : CETESB. São Paulo/SP, 1996. p. 50.

ESPINDULA, J.C. **Caracterização Bacteriológica e Físico-Química das Águas do Aquífero Freático do Cemitério da Várzea – Recife**. . Dissertação (Mestrado em Geociências). Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Ed. Interciência. Rio de Janeiro/RJ, 1998. p. 60.

FLORIANI, N. *et al.* **Avaliação da Fragilidade Geossistêmica de uma Microbacia sobre Geologia Cárstica: Potencial e Limitações**. R. RA'E GA, n. 7, p. 47-54, 2003. Editora UFPR. Curitiba, 2006.

FINOTTI, A. **Estudo da Aplicabilidade do Modelo de Ação Corretiva Baseada no Risco (RBCA) em Contaminação Subterrâneas com Gasolina e Etanol**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 1997.

HIRATA, R. *et al.* **Mapeamento da Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. Instituto Geológico. Disponível em [www.sema.rs.gov.br/recursos\\_hidricos](http://www.sema.rs.gov.br/recursos_hidricos). Acesso em 23 Agosto de 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Divisão Territorial do Brasil e Estimativas da População para 2008**. Disponível em [www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2008/POP2008\\_DOU.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2008/POP2008_DOU.pdf). Acesso em 11 out.2008.

\_\_\_\_\_, **Atlas Nacional do Brasil**. Disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php). Acesso em 11 out.2008.

LANNA, A.E. **Gestão dos Recursos Hídricos**. In: **Hidrologia, Ciência e Aplicações**. Ed. Universidade, ABRH, EDUSP. Porto Alegre/RS, 1993. p. 728-768.

LASTORIA, G. **Hidrologia da Formação Serra Geral do Estado do Mato Grosso do Sul**. 2002. 133f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade do Estado de São Paulo – UNESP, Rio Claro/SP, 2002.

MACÊDO, J.A.B. **Doenças de Origem Hídrica e de Origem Alimentar**. In: MACÊDO, J.A.B. **Águas e Águas**. Ed. Varela. São Paulo/SP, 2001. c. 10, p. 444 – 505.

MARTINS, M.T. *et al.* **Qualidade Bacteriológica de Águas Subterrâneas em Cemitérios**. Revista de Saúde Pública. v.25, n.1, p. 111-116. 1991.

MATO GROSSO DO SUL (Estado). Lei nº 2.406. Institui a Política Estadual dos Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e dá outras providências. Campo Grande/MS, 2002.

MATOS, B.A. **Avaliação da Ocorrência e do Transporte de Microrganismos no Aquífero Freático do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo**. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia)., Universidade de São Paulo, 2001.

\_\_\_\_\_, *et al.* **Contaminação do Aquífero Livre em Cemitérios: Estudo de Caso**. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo/SP, 1998.

\_\_\_\_\_, *et al.* **Caracterização Hidrogeológica do Aquífero Freático no Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo**. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis/SC, 2002. p.01-19.



MAZIERO, L. **Levantamento DA Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos no Município de Dona Francisca – RS.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Centro de Ciências Naturais e Exatas. Universidade Federal Santa Maria. 2005.

MIGLIORINI, R.B. *et al.* **Qualidade das Águas Subterrâneas em Áreas de Cemitérios. Região de Cuiabá/MT.** *Águas Subterrâneas* v. 20. n. 1. p. 15 – 28. 2006.

NAVARRO, A.L.S. *et al.* **Estudo de Indicadores da Qualidade da Água em Manancial Superficial de abastecimento Público.** *Revista Ciências Exatas.* v.3, n.1, p.80. 2006.

OLIVEIRA, W.; TAGLIARINI, E.M.; TANCREDI, A.C.F.N. **Estudo Hidrogeológico para a Implantação do Cemitério Max Domini II – Região de Belém – Pará.** In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis/SC, 2002. p.01-12.

PACHECO, A.; MENDES, J. M. B.; ASSUDA, S. **O Problema Geo-Ambiental da Localização de Cemitérios em Meio Urbano.** In: V Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo/SP, 1988. p.207-215.

\_\_\_\_\_, *et al.* **Cemeteries – A Potential Risk to Groundwater.** *Water Science and Technology.* V.24, n.11, p. 97-104. 1991.

\_\_\_\_\_, e MATOS, B.A. **Como os cemitérios podem contaminar as águas subterrâneas.** Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 2006. Disponível em <http://www.igc.usp.br/subsites/cemiterios/cemit.php>. Acesso em 15 nov. 2008

PÁDUA, H.B., - **Águas com Dureza e Alcalinidade Elevada. Observações Iniciais na Região de Bonito/MS.Br- registro de dados – 2001/2**

REBOUÇAS, A.C *et al.* **A Inserção da Água Subterrânea no Sistema Nacional de Gerenciamento.** In: RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 7 n.4, Out./Dez. 2002. p. 39-50.

SILVA, L.M. Cemitérios: Fonte Potencial de Contaminação dos Aquíferos Livres. In: Congresso Latino-Americano de Hidrologia Subterrânea, 4, Montevideo. Memórias. Montevideo: ALHSUD, v. 2, 1998, p. 667-681.

SILVA, E.T. Secretário Municipal de Obras. **Entrevista Concedida à Autora.** Bonito/MS. 16 mar. 2008.

SÓRIA, M. & RAMIREZ, O. P. **Cemitério São Francisco de Paula, Pelotas-RS: Uma Análise da Relação entre sua Infra-Estrutura e os Impactos na Saúde da População do Entorno.** Departamento de Engenharia Agrícola – Faculdade de Engenharia Agrícola. Pelotas/RS, 2004. Disponível em [http://www.ufpel.edu.br/cic/2004/arquivos/CB\\_01027.rtf](http://www.ufpel.edu.br/cic/2004/arquivos/CB_01027.rtf). Acesso em 8 dez. 2008

UNIAGUA. **Monitoramento da Qualidade das Águas.** (2000). Disponível em [www.uniagua.org.br/qualidad.htm](http://www.uniagua.org.br/qualidad.htm). Acesso em 22 nov.2008

VALIAS, A.P.G.S *et al.* **A Água que Consumimos – Município: Aguaí/SP.** In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis/SC, 2002. p. 02

VIERTLER, R.B. **Métodos de Coleta e Análise de Dados em Etnobiologia, Etnoecologia e Disciplinas Correlatas.** In Anais – Seminário de Etnobiologia e Etnoecologia do Sudeste. UNESP/CNPq. AMOROZO, M. C. M. *et al.* (orgs) Rio Claro/SP, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **The Impact of Cemeteries on the Environment and Public Health. An Introductory Briefing.** Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe, 1998, 11p. (Rept. EUR/ICP/EHNA 01 04 01 (A)).

## **ANEXOS**

## **ANEXO A**

### **Legislações utilizadas como parâmetros - PORTARIA Nº 518, DE 25 DE MARÇO DE 2004**

Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

O MINISTRO DE ESTADO DA SAÚDE, INTERINO, no uso de suas atribuições e considerando o disposto no Art. 2º do Decreto nº 79.367, de 9 de março de 1977, resolve:

Art. 1º Aprovar a Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano, na forma do Anexo desta Portaria, de uso obrigatório em todo território nacional.

Art. 2º Fica estabelecido o prazo máximo de 12 meses, contados a partir da publicação desta Portaria, para que as instituições ou órgãos aos quais esta Norma se aplica, promovam as adequações necessárias a seu cumprimento, no que se refere ao tratamento por filtração de água para consumo humano suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização e da obrigação do monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas.

Art. 3º É de responsabilidade da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal a adoção das medidas necessárias para o fiel cumprimento desta Portaria.

Art. 4º O Ministério da Saúde promoverá, por intermédio da Secretaria de Vigilância em Saúde - SVS, a revisão da Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano estabelecida nesta Portaria, no prazo de 5 anos ou a qualquer tempo, mediante solicitação devidamente justificada de órgãos governamentais ou não governamentais de reconhecida capacidade técnica nos setores objeto desta regulamentação.

Art. 5º Fica delegada competência ao Secretário de Vigilância em Saúde para editar, quando necessário, normas regulamentadoras desta Portaria.

Art. 6º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 7º Fica revogada a Portaria nº 1469, de 29 de dezembro de 2000, publicada no DOU nº 1-E de 2 de janeiro de 2001, Seção 1, página nº 19.

GASTÃO WAGNER DE SOUSA CAMPOS

ANEXO

NORMA DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Capítulo I

DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 1º Esta Norma dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelece seu padrão de potabilidade e dá outras providências.

Art. 2º Toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água.

Art. 3º Esta Norma não se aplica às águas envasadas e a outras, cujos usos e padrões de qualidade são estabelecidos em legislação específica.

Capítulo II

DAS DEFINIÇÕES

Art. 4º Para os fins a que se destina esta Norma, são adotadas as seguintes definições:

I - água potável - água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde;

II - sistema de abastecimento de água para consumo humano - instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão;

III - solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano - toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical;

IV - controle da qualidade da água para consumo humano - conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelos responsáveis pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição;

V - vigilância da qualidade da água para consumo humano - conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública, para verificar se a água consumida pela população atende à esta Norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana;

VI - coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$  - galactosidase.

A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo;

VII - coliformes termotolerantes - subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  em 24 horas;

tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal;

VIII - *Escherichia Coli* - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas  $\beta$  galactosidase e  $\beta$  glucoronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos;

IX - contagem de bactérias heterotróficas - determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob condições pré-estabelecidas de incubação:  $35,0, \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  por 48 horas;

X - cianobactérias - microrganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis), capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos à saúde;

XI - cianotoxinas - toxinas produzidas por cianobactérias que apresentam efeitos adversos à saúde por ingestão oral, incluindo:

a) microcistinas - hepatotoxinas heptapeptídicas cíclicas produzidas por cianobactérias, com efeito potente de inibição de proteínas fosfatases dos tipos 1 e 2A e promotoras de tumores;

b) cilindrospermopsina - alcalóide guanidínico cíclico produzido por cianobactérias, inibidor de síntese protéica, predominantemente hepatotóxico, apresentando também efeitos citotóxicos nos rins, baço, coração e outros órgãos; e

c) saxitoxinas - grupo de alcalóides carbamatos neurotóxicos produzido por cianobactérias, não sulfatados (saxitoxinas) ou sulfatados (goniautoxinas e C-toxinas) e derivados decarbamil, apresentando efeitos de inibição da condução nervosa por bloqueio dos canais de sódio.

### Capítulo III

## DOS DEVERES E DAS RESPONSABILIDADES

### Seção I

#### Do Nível Federal

Art. 5º São deveres e obrigações do Ministério da Saúde, por intermédio da Secretaria de Vigilância em Saúde - SVS:

I - promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água, em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados e do Distrito Federal e com os responsáveis pelo controle de qualidade da água, nos termos da legislação que regulamenta o SUS;

II - estabelecer as referências laboratoriais nacionais e regionais, para dar suporte às ações de maior complexidade na vigilância da qualidade da água para consumo humano;

III - aprovar e registrar as metodologias não contempladas nas referências citadas no artigo 17 desta Norma;

IV - definir diretrizes específicas para o estabelecimento de um plano de amostragem a ser implementado pelos Estados, Distrito Federal ou Municípios, no exercício das atividades de vigilância da qualidade da água, no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS; e

V - executar ações de vigilância da qualidade da água, de forma complementar, em caráter excepcional, quando constatada, tecnicamente, insuficiência da ação estadual, nos termos da regulamentação do SUS.

### Seção II

#### Do Nível Estadual e Distrito Federal

Art. 6º São deveres e obrigações das Secretarias de Saúde dos Estados e do Distrito Federal:

I - promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com o nível municipal e os responsáveis pelo controle de qualidade da água, nos termos da legislação que regulamenta o SUS;

II - garantir, nas atividades de vigilância da qualidade da água, a implementação de um plano de amostragem pelos municípios, observadas as diretrizes específicas a serem elaboradas pela SVS/MS;

III - estabelecer as referências laboratoriais estaduais e do Distrito Federal para dar suporte às ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano; e

IV - executar ações de vigilância da qualidade da água, de forma complementar, em caráter excepcional, quando constatada, tecnicamente, insuficiência da ação municipal, nos termos da regulamentação do SUS.

### Seção III

#### Do Nível Municipal

Art. 7º São deveres e obrigações das Secretarias Municipais de Saúde:

I - exercer a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com os responsáveis pelo controle de qualidade da água, de acordo com as diretrizes do SUS;

II - sistematizar e interpretar os dados gerados pelo responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, assim como, pelos órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, em relação às características da água nos mananciais, sob a perspectiva da vulnerabilidade do abastecimento de água quanto aos riscos à saúde da população;

III - estabelecer as referências laboratoriais municipais para dar suporte às ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano;

IV - efetuar, sistemática e permanentemente, avaliação de risco à saúde humana de cada sistema de abastecimento ou solução alternativa, por meio de informações sobre:

a) a ocupação da bacia contribuinte ao manancial e o histórico das características de suas águas;

b) as características físicas dos sistemas, práticas operacionais e de controle da qualidade da água;

c) o histórico da qualidade da água produzida e distribuída; e

d) a associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade do sistema.

V - auditar o controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas;

VI - garantir à população informações sobre a qualidade da água e riscos à saúde associados, nos termos do inciso VI do artigo 9 desta Norma;

VII - manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível à população e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública;

VIII - manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para a adoção das providências pertinentes;

IX - informar ao responsável pelo fornecimento de água para consumo humano sobre anomalias e não conformidades detectadas, exigindo as providências para as correções que se fizerem necessárias;

X - aprovar o plano de amostragem apresentado pelos responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, que deve respeitar os planos mínimos de amostragem expressos nas Tabelas 6, 7, 8 e 9;

XI - implementar um plano próprio de amostragem de vigilância da qualidade da água, consoante diretrizes específicas elaboradas pela SVS; e

XII - definir o responsável pelo controle da qualidade da água de solução alternativa.

#### Seção IV

##### Do Responsável pela Operação de Sistema e/ou Solução Alternativa

Art. 8º Cabe aos responsáveis pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, exercer o controle da qualidade da água.

Parágrafo único. Em caso de administração, em regime de concessão ou permissão do sistema de abastecimento de água, é a concessionária ou a permissionária a responsável pelo controle da qualidade da água.

Art. 9º Aos responsáveis pela operação de sistema de abastecimento de água incumbe:

I - operar e manter sistema de abastecimento de água potável para a população consumidora, em conformidade com as normas técnicas aplicáveis publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas e com outras normas e legislações pertinentes;

II - manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de:

a) controle operacional das unidades de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição;

b) exigência do controle de qualidade, por parte dos fabricantes de produtos químicos utilizados no tratamento da água e de materiais empregados na produção e distribuição que tenham contato com a água;

c) capacitação e atualização técnica dos profissionais encarregados da operação do sistema e do controle da qualidade da água; e

d) análises laboratoriais da água, em amostras provenientes das diversas partes que compõem o sistema de abastecimento.

III - manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial, no histórico das

características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída;

IV - encaminhar à autoridade de saúde pública, para fins de comprovação do atendimento a esta Norma, relatórios mensais com informações sobre o controle da qualidade da água, segundo modelo estabelecido pela referida autoridade;

V - promover, em conjunto com os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, as ações cabíveis para a proteção do manancial de abastecimento e de sua bacia contribuinte, assim como efetuar controle das características das suas águas, nos termos do artigo 19 desta Norma, notificando imediatamente a autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente;

VI - fornecer a todos os consumidores, nos termos do Código de Defesa do Consumidor, informações sobre a qualidade da água distribuída, mediante envio de relatório, dentre outros mecanismos, com periodicidade mínima anual e contendo, no mínimo, as seguintes informações:

a) descrição dos mananciais de abastecimento, incluindo informações sobre sua proteção, disponibilidade e qualidade da água;

b) estatística descritiva dos valores de parâmetros de qualidade detectados na água, seu significado, origem e efeitos sobre a saúde; e

c) ocorrência de não conformidades com o padrão de potabilidade e as medidas corretivas providenciadas.

VII - manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível aos consumidores e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública;

VIII - comunicar, imediatamente, à autoridade de saúde pública e informar, adequadamente, à população a detecção de qualquer anomalia operacional no sistema ou não conformidade na qualidade da água tratada, identificada como de risco à saúde, adotando-se as medidas previstas no artigo 29 desta Norma; e

IX - manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para a adoção das providências pertinentes.

Art. 10. Ao responsável por solução alternativa de abastecimento de água, nos termos do inciso XII do artigo 7 desta Norma, incumbe:

I - requerer, junto à autoridade de saúde pública, autorização para o fornecimento de água apresentando laudo sobre a análise da água a ser fornecida, incluindo os parâmetros de qualidade previstos nesta Portaria, definidos por critério da referida autoridade;

II - operar e manter solução alternativa que forneça água potável em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, e com outras normas e legislações pertinentes;

III - manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de análises laboratoriais, nos termos desta Portaria e, a critério da autoridade de saúde pública, de outras medidas conforme inciso II do artigo anterior;

IV - encaminhar à autoridade de saúde pública, para fins de comprovação, relatórios com informações sobre o controle da qualidade da água, segundo modelo e periodicidade estabelecidos pela referida autoridade, sendo no mínimo trimestral;

V - efetuar controle das características da água da fonte de abastecimento, nos termos do artigo 19 desta Norma, notificando, imediatamente, à autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente;



VI - manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível aos consumidores e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública;

VII - comunicar, imediatamente, à autoridade de saúde pública competente e informar, adequadamente, à população a detecção de qualquer anomalia identificada como de risco à saúde, adotando-se as medidas previstas no artigo 29; e

VIII - manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para a adoção das providências pertinentes.

#### Capítulo IV

#### DO PADRÃO DE POTABILIDADE

Art.11. A água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico conforme Tabela 1, a seguir:

#### Tabela 1

#### Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

| PARÂMETRO  | VMP(1)  |
|--|---|
| Água para consumo humano(2)                                    |   |
| Escherichia coli ou coliformes termotolerantes(3)              | Ausência em 100ml   |
| Água na saída do tratamento                                    |   |
| Coliformes totais  | Ausência em 100ml   |
| Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede) |   |
| Escherichia coli ou coliformes termotolerantes(3)              | Ausência em 100ml   |
| Coliformes totais  | Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês:<br>Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês;<br>Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês:<br>Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml |

#### NOTAS:

(1) Valor Máximo Permitido.

(2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

(3) a detecção de Escherichia coli deve ser preferencialmente adotada.

§ 1º No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que as novas amostras revelem resultado satisfatório.

§ 2º Nos sistemas de distribuição, a coleta deve incluir, no mínimo, três amostras simultâneas, sendo uma no mesmo ponto e duas outras localizadas a montante e a jusante.

§ 3º Amostras com resultados positivos para coliformes totais devem ser analisadas para Escherichia coli e, ou, coliformes termotolerantes, devendo, neste caso, ser efetuada a verificação e confirmação dos resultados positivos.

§ 4º O percentual de amostras com resultado positivo de coliformes totais em relação ao total de amostras coletadas nos sistemas de distribuição deve ser calculado mensalmente, excluindo as amostras extras (recoleta).

§ 5º O resultado negativo para coliformes totais das amostras extras (recoletas) não anula o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo.

§ 6º Na proporção de amostras com resultado positivo admitidas mensalmente para coliformes totais no sistema de distribuição, expressa na Tabela 1, não são tolerados resultados positivos que ocorram em recoleta, nos termos do § 1º deste artigo.

§ 7º Em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição, deve ser efetuada a contagem de bactérias heterotróficas e, uma vez excedidas 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por ml, devem ser providenciadas imediata recoleta, inspeção local e, se constatada irregularidade, outras providências cabíveis.

§ 8º Em complementação, recomenda-se a inclusão de pesquisa de organismos patogênicos, com o objetivo de atingir, como meta, um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de *Giardia spp* e oocistos de *Cryptosporidium sp*.

§ 9º Em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, nesta situação devendo ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes.

Art. 12. Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser observado o padrão de turbidez expresso na Tabela 2, abaixo:

Tabela 2

Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção

| TRATAMENTO DA ÁGUA   | VMP(1)                        |
|--|-------------------------------|
| Desinfecção (água subterrânea)                             | 1.0 UT(2) em 95% das amostras |
| Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) | 1.0 UT(2)                     |
| Filtração lenta  | 2.0 UT(2) em 95% das amostras |

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade de turbidez.

§ 1º Entre os 5% dos valores permitidos de turbidez superiores aos VMP estabelecidos na Tabela 2, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 UT, assegurado, simultaneamente, o atendimento ao VMP de 5,0 UT em qualquer ponto da rede no sistema de distribuição.

§ 2º Com vistas a assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia spp* e oocistos de *Cryptosporidium sp.*, recomenda-se, enfaticamente, que, para a filtração rápida, se estabeleça como meta a obtenção de efluente filtrado com valores de turbidez inferiores a 0,5 UT em 95% dos dados mensais e nunca superiores a 5,0 UT.

§ 3º O atendimento ao percentual de aceitação do limite de turbidez, expresso na Tabela 2, deve ser verificado, mensalmente, com base em amostras no mínimo diárias para desinfecção ou filtração lenta e a cada quatro horas para filtração rápida, preferivelmente, em qualquer caso, no efluente individual de cada unidade de filtração.

Art. 13. Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos.

Parágrafo único. Admite-se a utilização de outro agente desinfetante ou outra condição de operação do processo de desinfecção, desde que fique demonstrado pelo responsável pelo sistema de tratamento uma eficiência de inativação microbiológica equivalente à obtida com a condição definida neste artigo.

Art. 14. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco para a saúde expresso na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3

Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

| PARÂMETRO                | Unidade | VMP(1) |
|--------------------------|---------|--------|
| INORGÂNICAS              |         |        |
| Antimônio                | mg/L    | 0,005  |
| Arsênio                  | mg/L    | 0,01   |
| Bário                    | mg/L    | 0,7    |
| Cádmio                   | mg/L    | 0,005  |
| Cianeto                  | mg/L    | 0,07   |
| Chumbo                   | mg/L    | 0,01   |
| Cobre                    | mg/L    | 2      |
| Cromo                    | mg/L    | 0,05   |
| Fluoreto(2)              | mg/L    | 1,5    |
| Mercurio                 | mg/L    | 0,001  |
| Nitrato (como N)         | mg/L    | 10     |
| Nitrito (como N)         | mg/L    | 1      |
| Selênio                  | mg/L    | 0,01   |
| ORGÂNICAS                |         |        |
| Acrilamida               | µg/L    | 0,5    |
| Benzeno                  | µg/L    | 5      |
| Benzo[a]pireno           | µg/L    | 0,7    |
| Cloreto de Vinila        | µg/L    | 5      |
| 1,2 Dicloroetano         | µg/L    | 10     |
| 1,1 Dicloroetano         | µg/L    | 30     |
| Diclorometano            | µg/L    | 20     |
| Estireno                 | µg/L    | 20     |
| Tetracloroeto de Carbono | µg/L    | 2      |
| Tetracloroetano          | µg/L    | 40     |
| Triclorobenzenos         | µg/L    | 20     |
| Tricloroetano            | µg/L    | 70     |
| AGROTÓXICOS              |         |        |
| Alaclor                  | µg/L    | 20,0   |
| Aldrin e Dieldrin        | µg/L    | 0,03   |
| Atrazina                 | µg/L    | 2      |
| Bentazona                | µg/L    | 300    |
| Clordano (isômeros)      | µg/L    | 0,2    |

|   |      |       |
|---|------|-------|
| 2,4 D   | µg/L | 30    |
| DDT (isômeros)                                      | µg/L | 2     |
| Endossulfân   | µg/L | 20    |
| Endrin  | µg/L | 0,6   |
| Glifosato   | µg/L | 500   |
| Heptacloro e Heptacloro                             | µg/L | 0,03  |
| Hexaclorobenzeno                                    | µg/L | 1     |
| Lindano (g-BHC)                                     | µg/L | 2     |
| Metolacloro   | µg/L | 10    |
| Metoxicloro   | µg/L | 20    |
| Molinato  | µg/L | 6     |
| Pendimetalina                                       | µg/L | 20    |
| Pentaclorofenol                                     | µg/L | 9     |
| Permetrina  | µg/L | 20    |
| Propanil  | µg/L | 20    |
| Simazina  | µg/L | 2     |
| Trifluralina  | µg/L | 20    |
| CIANOTOXINAS  |      |       |
| Microcistinas(3)                                    | µg/L | 1,0   |
| DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO |      |       |
| Bromato   | mg/L | 0,025 |
| Clorito   | mg/L | 0,2   |
| Cloro livre (4)                                     | mg/L | 5     |
| Monocloramina                                       | mg/L | 3     |
| 2,4,6 Triclorofenol                                 | mg/L | 0,2   |
| Trihalometanos Total                                | mg/L | 0,1   |

NOTAS:

(1) Valor Máximo Permitido.

(2) Os valores recomendados para a concentração de íon fluoreto devem observar à legislação específica vigente relativa à fluoretação da água, em qualquer caso devendo ser respeitado o VMP desta Tabela.

(3) É aceitável a concentração de até 10 µg/L de microcistinas em até 3 (três) amostras, consecutivas ou não, nas análises realizadas nos últimos 12 (doze) meses.

(4) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

§ 1º Recomenda-se que as análises para cianotoxinas incluam a determinação de cilindropermopsina e saxitoxinas (STX), observando, respectivamente, os valores limites de 15,0 µg/L e 3,0 µg/L de equivalentes STX/L.

§ 2º Para avaliar a presença dos inseticidas organofosforados e carbamatos na água, recomenda-se a determinação da atividade da enzima acetilcolinesterase, observando os limites máximos de 15% ou 20% de inibição enzimática, quando a enzima utilizada for proveniente de insetos ou mamíferos, respectivamente.

Art. 15. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de radioatividade expresso na Tabela 4, a seguir:

Tabela 4

Padrão de radioatividade para água potável

| Parâmetro                  | Unidade | VMP(1) |
|----------------------------|---------|--------|
| Radioatividade alfa global | Bq/L    | 0,1(2) |
| Radioatividade beta global | Bq/L    | 1,0(2) |

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Se os valores encontrados forem superiores aos VMP, deverá ser feita a identificação dos radionuclídeos presentes e a medida das concentrações respectivas. Nesses casos, deverão ser aplicados, para os radionuclídeos encontrados, os valores estabelecidos pela legislação pertinente da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, para se concluir sobre a potabilidade da água.

Art. 16. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso na Tabela 5, a seguir:

Tabela 5

Padrão de aceitação para consumo humano

| PARÂMETRO                      | Unidade | VMP(1)           |
|--------------------------------|---------|------------------|
| Alumínio                       | mg/L    | 0,2              |
| Amônia (como NH <sub>3</sub> ) | mg/L    | 1,5              |
| Cloreto                        | mg/L    | 250              |
| Cor Aparente                   | uH(2)   | 15               |
| Dureza                         | mg/L    | 500              |
| Etilbenzeno                    | mg/L    | 0,2              |
| Ferro                          | mg/L    | 0,3              |
| Manganês                       | mg/L    | 0,1              |
| Monoclorobenzeno               | mg/L    | 0,12             |
| Odor                           | -       | Não objetável(3) |
| Gosto                          | -       | Não objetável(3) |
| Sódio                          | mg/L    | 200              |
| Sólidos dissolvidos totais     | mg/L    | 1.000            |
| Sulfato                        | mg/L    | 250              |
| Sulfeto de Hidrogênio          | mg/L    | 0,05             |
| Surfactantes                   | mg/L    | 0,5              |
| Tolueno                        | mg/L    | 0,17             |
| Turbidez                       | UT(4)   | 5                |
| Zinco                          | mg/L    | 5                |
| Xileno                         | mg/L    | 0,3              |

§ 1º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

§ 2º Recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento, seja de 2,0 mg/L.

§ 3º Recomenda-se a realização de testes para detecção de odor e gosto em amostras de água coletadas na saída do tratamento e na rede de distribuição de acordo com o plano mínimo de amostragem estabelecido para cor e turbidez nas Tabelas 6 e 7.

Art. 17. As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria, da edição mais recente da publicação Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF), ou das normas publicadas pela ISO (International Standartization Organization).

§ 1º Para análise de cianobactérias e cianotoxinas e comprovação de toxicidade por bioensaios em camundongos, até o estabelecimento de especificações em normas nacionais ou internacionais que disciplinem a matéria, devem ser adotadas as metodologias propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em sua publicação Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management.

§ 2º Metodologias não contempladas nas referências citadas no § 1º e "caput" deste artigo, aplicáveis aos parâmetros estabelecidos nesta Norma, devem, para ter validade, receber aprovação e registro pelo Ministério da Saúde.

§ 3º As análises laboratoriais para o controle e a vigilância da qualidade da água podem ser realizadas em laboratório próprio ou não que, em qualquer caso, deve manter programa de controle de qualidade interna ou externa ou ainda ser acreditado ou certificado por órgãos competentes para esse fim.

#### Capítulo V

#### DOS PLANOS DE AMOSTRAGEM

Art. 18. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água devem elaborar e aprovar, junto à autoridade de saúde pública, o plano de amostragem de cada sistema, respeitando os planos mínimos de amostragem expressos nas Tabelas 6, 7, 8 e 9.

#### NOTAS:

- (1) Valor máximo permitido.
- (2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).
- (3) critério de referência
- (4) Unidade de turbidez.

#### Tabela 6

Número mínimo de amostras para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial

| PARÂMETRO             | TIPO DE MANANCIAL | SAÍDA DO TRATAMENTO (NÚMERO DE AMOSTRAS POR UNIDADE DE TRATAMENTO) | SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (RESERVATÓRIOS E REDE) |                         |                                |
|-----------------------|-------------------|--|--|-------------------------|--------------------------------|
|                       |                   |  | População abastecida                           |                         |                                |
|                       |                   |  | < 50.000 hab.                                  | 50.000 a 250.000 hab.   | > 250.000 hab.                 |
| Cor<br>Turbidez<br>pH | Superficial       | 1  | 10   | 1 para cada 5.000 hab.  | 40 + (1 para cada 25.000 hab.) |
|                       | Subterrâneo       | 1  | 5  | 1 para cada 10.000 hab. | 20 + (1 para cada              |

|                         |                               |  |                               |                            |                                      |
|-------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
|                         |                               |  |                               |                            | 50.000 hab.)                         |
| CRL(1)                  | Superficial                   | 1  | (Conforme § 3º do artigo 18). |                            |                                      |
|                         | Subterrâneo                   | 1  |                               |                            |                                      |
| Fluoreto                | Superficial<br>ou Subterrâneo | 1  | 5                             | 1 para<br>cada 10.000 hab. | 20 +<br>(1 para cada<br>50.000 hab.) |
| Cianotoxinas            | Superficial                   | 1<br><br>(Conforme<br>§ 5º do artigo 18) | -                             | -                          | -                                    |
| Trihalometanos          | Superficial                   | 1  | 1(2)                          | 4(2)                       | 4(2)                                 |
|                         | Subterrâneo                   | -  | 1(2)                          | 1(2)                       | 1(2)                                 |
| Demais<br>parâmetros(3) | Superficial<br>ou Subterrâneo | 1  | 1(4)                          | 1(4)                       | 1(4)                                 |

NOTAS:

(1) Cloro residual livre.

(2) As amostras devem ser coletadas, preferencialmente, em pontos de maior tempo de detenção da água no sistema de distribuição.

(3) Apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial.

(4) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

Tabela 7

Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial.

| PARÂMETRO                         | TIPO DE<br>MANANCIAL | SAÍDA<br>DO<br>TRATAMENTO<br>(FREQUÊNCIA<br>POR UNIDADE<br>DE<br>TRATAMENTO) | SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (RESERVATÓRIOSE<br>REDE) |                          |                   |
|-----------------------------------|----------------------|--|--|--------------------------|-------------------|
|                                   |                      |  | População abastecida                             |                          |                   |
|                                   |                      |  | <50.000<br>hab.                                  | 50.000 a<br>250.000 hab. | > 250.000<br>hab. |
| Cor<br>Turbidez<br>pH<br>Fluoreto | Superficial          | A cada 2<br>horas  | Mensal   | Mensal                   | Mensal            |
|                                   | Subterrâneo          | Diária   |  |                          |                   |
| CRL(1)                            | Superficial          | A cada 2<br>horas  | (Conforme § 3º do artigo 18).                    |                          |                   |
|                                   | Subterrâneo          | Diária   |  |                          |                   |

|                      |                            |   |              |              |              |
|----------------------|----------------------------|---|--------------|--------------|--------------|
| Cianotoxinas         | Superficial                | Semanal<br>(Conforme § 5º do artigo 18) | -            | -            | -            |
| Trihalometanos       | Superficial                | Trimestral                              | Trimestral   | Trimestral   | Trimestral   |
| Demais parâmetros(2) | Superficial ou Subterrâneo | Semestral                               | Semestral(3) | Semestral(3) | Semestral(3) |

NOTAS:

(1) Cloro residual livre.

(2) Apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial.

(3) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

Tabela 8

Número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises microbiológicas, em função da população abastecida.

| PARÂMETRO         | SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (RESERVATÓRIOS E REDE) |                      |                               |  |
|-------------------|--|----------------------|-------------------------------|--|
|                   | População abastecida                           |                      |                               |  |
|                   | < 5.000 hab.                                   | 5.000 a 20.000 hab.  | 20.000 a 250.000 hab.         | > 250.000 hab.                                 |
| Coliformes totais | 10   | 1 para cada 500 hab. | 30 + (1 para cada 2.000 hab.) | 105 + (1 para cada 5.000 hab.) Máximo de 1.000 |

NOTA: na saída de cada unidade de tratamento devem ser coletadas, no mínimo, 2 (duas) amostra semanais, recomendando-se a coleta de, pelo menos, 4 (quatro) amostras semanais.

Tabela 9

Número mínimo de amostras e frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de solução alternativa, para fins de análises físicas, químicas e microbiológicas, em função do tipo de manancial e do ponto de amostragem.

| PARÂMETRO                                | TIPO DE MANANCIAL | SAÍDA DO TRATAMENTO (para água canalizada) | NÚMERO DE AMOSTRAS RETIRADAS NO PONTO DE CONSUMO(1) (para cada 500 hab.) | FREQÜÊNCIA DE AMOSTRAGEM |
|--|-------------------|--|--|--------------------------|
| Cor, turbidez, pH e coliformes totais(2) | Superficial       | 1  | 1  | Semanal                  |



|            |                               |   |   |        |
|------------|-------------------------------|---|---|--------|
|            | Subterrâneo                   | 1 | 1 | Mensal |
| CRL(2) (3) | Superficial<br>ou Subterrâneo | 1 | 1 | Diário |

NOTAS:

(1) Devem ser retiradas amostras em, no mínimo, 3 pontos de consumo de água.

(2) Para veículos transportadores de água para consumo humano, deve ser realizada 1 (uma) análise de CRL em cada carga e 1 (uma) análise, na fonte de fornecimento, de cor, turbidez, PH e coliformes totais com frequência mensal, ou outra amostragem determinada pela autoridade de saúde pública.

(3) Cloro residual livre.

§ 1º A amostragem deve obedecer aos seguintes requisitos:

I - distribuição uniforme das coletas ao longo do período; e

II - representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição (reservatórios e rede), combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos, entendidos como aqueles próximos a grande circulação de pessoas (terminais rodoviários, terminais ferroviários, etc.) ou edifícios que alberguem grupos populacionais de risco (hospitais, creches, asilos, etc.), aqueles localizados em trechos vulneráveis do sistema de distribuição (pontas de rede, pontos de queda de pressão, locais afetados por manobras, sujeitos à intermitência de abastecimento, reservatórios, etc.) e locais com sistemáticas notificações de agravos à saúde tendo como possíveis causas agentes de veiculação hídrica.

§ 2º No número mínimo de amostras coletadas na rede de distribuição, previsto na Tabela 8, não se incluem as amostras extras (recoletas).

§ 3º Em todas as amostras coletadas para análises microbiológicas deve ser efetuada, no momento da coleta, medição de cloro residual livre ou de outro composto residual ativo, caso o agente desinfetante utilizado não seja o cloro.

§ 4º Para uma melhor avaliação da qualidade da água distribuída, recomenda-se que, em todas as amostras referidas no § 3º deste artigo, seja efetuada a determinação de turbidez.

§ 5º Sempre que o número de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, exceder 20.000 células/ml (2mm<sup>3</sup>/L de biovolume), durante o monitoramento que trata o § 1º do artigo 19, será exigida a análise semanal de cianotoxinas na água na saída do tratamento e nas entradas (hidrômetros) das clínicas de hemodiálise e indústrias de injetáveis, sendo que esta análise pode ser dispensada quando não houver comprovação de toxicidade na água bruta por meio da realização semanal de bioensaios em camundongos.

Art. 19. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas e de soluções alternativas de abastecimento supridos por manancial superficial devem coletar amostras semestrais da água bruta, junto do ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos na legislação vigente de classificação e enquadramento de águas superficiais, avaliando a compatibilidade entre as características da água bruta e o tipo de tratamento existente.

§ 1º O monitoramento de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, deve obedecer frequência mensal, quando o número de cianobactérias não exceder 10.000 células/ml (ou 1mm<sup>3</sup>/L de biovolume), e semanal, quando o número de cianobactérias exceder este valor.

§ 2º É vedado o uso de algicidas para o controle do crescimento de cianobactérias ou qualquer intervenção no manancial que provoque a lise das células desses microrganismos, quando a densidade das cianobactérias exceder 20.000 células/ml (ou 2mm<sup>3</sup>/L de biovolume), sob pena de comprometimento da avaliação de riscos à saúde associados às cianotoxinas.

Art. 20. A autoridade de saúde pública, no exercício das atividades de vigilância da qualidade da água, deve implementar um plano próprio de amostragem, consoante diretrizes específicas elaboradas no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS.

#### Capítulo VI DAS EXIGÊNCIAS APLICÁVEIS AOS SISTEMAS E SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Art. 21. O sistema de abastecimento de água deve contar com responsável técnico, profissionalmente habilitado.

Art. 22. Toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção, concebido e operado de forma a garantir o atendimento ao padrão microbiológico desta Norma.

Art. 23. Toda água para consumo humano suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização deve incluir tratamento por filtração.

Art. 24. Em todos os momentos e em toda sua extensão, a rede de distribuição de água deve ser operada com pressão superior à atmosférica.

§ 1º Caso esta situação não seja observada, fica o responsável pela operação do serviço de abastecimento de água obrigado a notificar a autoridade de saúde pública e informar à população, identificando períodos e locais de ocorrência de pressão inferior à atmosférica.

§ 2º Excepcionalmente, caso o serviço de abastecimento de água necessite realizar programa de manobras na rede de distribuição, que possa submeter trechos a pressão inferior à atmosférica, o referido programa deve ser previamente comunicado à autoridade de saúde pública.

Art. 25. O responsável pelo fornecimento de água por meio de veículos deve:

I - garantir o uso exclusivo do veículo para este fim;

II - manter registro com dados atualizados sobre o fornecedor e, ou, sobre a fonte de água; e

III - manter registro atualizado das análises de controle da qualidade da água.

§ 1º A água fornecida para consumo humano por meio de veículos deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L.

§ 2º O veículo utilizado para fornecimento de água deve conter, de forma visível, em sua carroceria, a inscrição: "ÁGUA POTÁVEL".

#### Capítulo VII

##### DAS PENALIDADES

Art. 26. Serão aplicadas as sanções administrativas cabíveis, aos responsáveis pela operação dos sistemas ou soluções alternativas de abastecimento de água, que não observarem as determinações constantes desta Portaria.

Art. 27. As Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios estarão sujeitas a suspensão de repasse de recursos do Ministério da Saúde e órgãos ligados, diante da inobservância do contido nesta Portaria.

Art. 28. Cabe ao Ministério da Saúde, por intermédio da SVS/MS, e às autoridades de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, representadas pelas respectivas Secretarias de Saúde ou órgãos equivalentes, fazer observar o fiel cumprimento desta Norma, nos termos da legislação que regulamenta o Sistema Único de Saúde - SUS.

#### Capítulo VIII

##### DAS DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 29. Sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, o responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água e as autoridades de saúde pública devem estabelecer entendimentos para a elaboração de um plano de ação e tomada das medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade.

Art. 30. O responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água pode solicitar à autoridade de saúde pública a alteração na frequência mínima de amostragem de determinados parâmetros estabelecidos nesta Norma.

Parágrafo único. Após avaliação criteriosa, fundamentada em inspeções sanitárias e, ou, em histórico mínimo de dois anos do controle e da vigilância da qualidade da água, a autoridade de saúde pública decidirá quanto ao deferimento da solicitação, mediante emissão de documento específico.

Art. 31. Em função de características não conformes com o padrão de potabilidade da água ou de outros fatores de risco, a autoridade de saúde pública competente, com fundamento em relatório técnico, determinará ao responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água que amplie o número mínimo de amostras, aumente a frequência de amostragem ou realize análises laboratoriais de parâmetros adicionais ao estabelecido na presente Norma.

Art. 32. Quando não existir na estrutura administrativa do Estado a unidade da Secretaria de Saúde, os deveres e responsabilidades previstos no artigo 6º desta Norma serão cumpridos pelo órgão equivalente.

## **ANEXO B**

### **Legislações utilizadas como parâmetros - DECISÃO DE DIRETORIA Nº195-2005- de 23 de novembro de 2005**

Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências.

A Diretoria Plena da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, à vista do que consta do Processo nº E-532-2005, considerando a manifestação do Departamento Jurídico, contida na Folha de Despacho PJ nº 1799-2005, juntada às fls. 026, bem como o Relatório à Diretoria nº 060- 2005-E, que acolhe, DECIDE:

#### **Artigo 1º.**

Aprovar os Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, constantes do Anexo Único que integra esta Decisão de Diretoria, em substituição à Tabela de Valores Orientadores aprovada pela Decisão de Diretoria nº 014-01-E, de 26 de julho de 2001, e publicada no Diário Oficial do Estado, Empresarial, de 26 de outubro de 2001, continuando em vigor o Relatório “Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo”, também aprovado pela Decisão de Diretoria nº 014-01-E.

Parágrafo Único – Os Valores Orientadores aprovados por este artigo deverão ser revisados em até 4 (quatro) anos, ou a qualquer tempo, e submetidos à deliberação da Diretoria Plena da CETESB.

#### **Artigo 2º.**

– No prazo de 6 (seis) meses, contado da publicação desta Decisão de Diretoria, as áreas técnicas competentes deverão submeter à Deliberação da Diretoria proposta de Norma Técnica CETESB, dispondo sobre a atualização do Relatório “Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo”, de que trata a Decisão de Diretoria nº 014-01-E.

#### **Artigo 3º.**

– Os Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas - 2005 deverão ser adotados, no que couber, em todas as regras pertinentes da CETESB e nas Normas Técnicas, já editadas ou a serem publicadas, especialmente as Normas Técnicas P 4.230 (agosto de 1999) e P 4.233 (setembro de 1999) com alterações posteriores, que dispõem, respectivamente, sobre a “Aplicação de Lodos de Sistemas de Tratamento Biológico em Áreas Agrícolas – Critérios para Projeto e Operação” e “Lodos de Curtumes – Critérios para o Uso em Áreas Agrícolas e Procedimentos para Apresentação de Projetos”, que utilizem Valores Orientadores para a fixação de limite de concentração de substâncias no solo ou nas águas subterrâneas por elas estabelecido.

**Artigo 4º** – As áreas contaminadas somente serão reclassificadas nos casos em que todos os Valores de Intervenção (VI) das substâncias responsáveis pela contaminação tenham sofrido alteração.

**Artigo 5º** – A Diretoria de Controle de Poluição Ambiental, no prazo de 160 (cento e sessenta) dias, contado da publicação desta Decisão de Diretoria, deverá fixar procedimento técnico-administrativo adequando as suas ações de controle aos novos Valores de Intervenção (VI).

**Artigo 6º** – Esta Decisão de Diretoria entra em vigor na data de sua publicação, surtindo seus efeitos na seguinte conformidade:

I – a partir de 1º de junho de 2006 – aplicação dos Valores de Intervenção (VI) para as substâncias que, em relação aos publicados em 2001, tenham sofrido alteração para valores mais restritivos;

II – a partir da publicação desta Decisão – aplicação dos Valores de Intervenção (VI) para as substâncias que, em relação aos publicados em 2001, tenham mantidos os valores anteriores ou que tenham sofrido alteração para valores menos restritivos, bem como dos Valores de Intervenção para as novas substâncias relacionadas no Anexo Único que integra esta Decisão de Diretoria.

#### **ANEXO ÚNICO**

a que se refere o artigo 1º da Decisão de Diretoria Nº 195-2005-E, de 23 de novembro de **2005**

#### **VALORES ORIENTADORES PARA SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Os Valores Orientadores são definidos e têm a sua utilização como segue:

**Valor de Referência de Qualidade - VRQ** é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea, e é determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos e amostras de águas subterrâneas de diversos aquíferos do Estado de São Paulo. Deve ser utilizado como referência nas ações de prevenção da poluição do solo e das águas subterrâneas e de controle de áreas contaminadas.

**Valor de Prevenção - VP** é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Este valor indica a qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos e a qualidade das águas subterrâneas. Foi determinado para o solo com base em ensaios com receptores ecológicos. Deve ser utilizado para disciplinar a introdução de substâncias no solo e, quando ultrapassado, a continuidade da atividade será submetida a nova avaliação, devendo os responsáveis legais pela introdução das cargas poluentes proceder o monitoramento dos impactos decorrentes.

**Valor de Intervenção - VI** é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico. Para o solo, foi calculado utilizando-se procedimento de avaliação de risco à saúde humana para cenários de exposição Agrícola-Área de Proteção Máxima – APM<sub>ax</sub>, Residencial e Industrial. Para a água subterrânea, considerou-se como valores de intervenção as concentrações que causam risco à saúde humana listadas na Portaria 518, de 26 de março de 2004, do Ministério da Saúde - MS, complementada com os padrões de potabilidade do Guia da Organização Mundial de Saúde - OMS de 2004, ou calculados segundo adaptação da metodologia da OMS utilizada na derivação destes padrões. Em caso de alteração dos padrões da Portaria 518 do MS, os valores de intervenção para águas subterrâneas serão conseqüentemente alterados. A área será classificada como Área Contaminada sob Investigação quando houver constatação da presença de contaminantes no solo ou na água subterrânea em concentrações acima dos Valores de Intervenção, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco.

A próxima página contém tais valores.

**VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO**

| Substância                                     | CAS N°    | Referência | Solo (mg.kg <sup>-1</sup> de peso seco) <sup>(a)</sup> |             |             |            | Água Subterrânea (µg.L <sup>-1</sup> ) |
|--|-----------|------------|--|-------------|-------------|------------|--|
|  |           |            | Prevenção de qualidade                                 | Intervenção |             |            |  |
|  |           |            |  | Agrícola    | Residencial | Industrial | Intervenção                            |
|  |           |            |  | APMax       |             |            |  |
| <b>Inorgânicos</b>                             |           |            |  |             |             |            |  |
| Alumínio                                       | 7429-90-5 | -          | -  | -           | -           | -          | 200                                    |
| Antimônio                                      | 7440-36-0 | <0,5       | 2  | 5           | 10          | 25         | 5                                      |
| Arsênio  | 7440-38-2 | 3,5        | 15   | 35          | 55          | 150        | 10                                     |
| Bário  | 7440-39-3 | 75         | 150  | 300         | 500         | 750        | 700                                    |
| Boro   | 7440-42-8 | -          | -  | -           | -           | -          | 500                                    |
| Cádmio   | 7440-48-4 | <0,5       | 1,3  | 3           | 8           | 20         | 5                                      |
| Chumbo   | 7440-43-9 | 17         | 72   | 180         | 300         | 900        | 10                                     |
| Cobalto  | 7439-92-1 | 13         | 25   | 35          | 65          | 90         | 5                                      |
| Cobre  | 7440-50-8 | 35         | 60   | 200         | 400         | 600        | 2.000                                  |
| Cromo  | 7440-47-3 | 40         | 75   | 150         | 300         | 400        | 50                                     |
| Ferro  | 7439-89-6 | -          | -  | -           | -           | -          | 300                                    |
| Manganês                                       | 7439-96-5 | -          | -  | -           | -           | -          | 400                                    |
| Mercúrio                                       | 7439-97-6 | 0,05       | 0,5  | 12          | 36          | 70         | 1                                      |
| Molibdênio                                     | 7439-98-7 | <4         | 30   | 50          | 100         | 120        | 70                                     |
| Níquel   | 7440-02-0 | 13         | 30   | 70          | 100         | 130        | 20                                     |
| Nitrato (como N)                               | 797-55-08 | -          | -  | -           | -           | -          | 10.000                                 |
| Prata  | 7440-22-4 | 0,25       | 2  | 25          | 50          | 100        | 50                                     |
| Selênio  | 7782-49-2 | 0,25       | 5  | -           | -           | -          | 10                                     |
| Vanádio  | 7440-62-2 | 275        | -  | -           | -           | -          | -                                      |
| Zinco  | 7440-66-6 | 60         | 300  | 450         | 1000        | 2000       | 5.000                                  |
| <b>Hidrocarbonetos aromáticos voláteis</b>     |           |            |  |             |             |            |  |
| Benzeno  | 71-43-2   | na         | 0,03   | 0,06        | 0,08        | 0,15       | 5                                      |
| Estireno                                       | 100-42-5  | na         | 0,2  | 15          | 35          | 80         | 20                                     |
| Etilbenzeno                                    | 100-41-4  | na         | 6,2  | 35          | 40          | 95         | 300                                    |
| Tolueno  | 108-88-3  | na         | 0,14   | 30          | 30          | 75         | 700                                    |
| Xilenos  | 1330-20-7 | na         | 0,13   | 25          | 30          | 70         | 500                                    |
| <b>Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos</b> |           |            |  |             |             |            |  |
| Antraceno                                      | 120-12-7  | na         | 0,039  | -           | -           | -          | -                                      |
| Benzo(a)antraceno                              | 56-55-3   | na         | 0,025  | 9           | 20          | 65         | 1,75                                   |
| Benzo(k)fluoranteno                            | 207-06-9  | na         | 0,38   | -           | -           | -          | -                                      |
| Benzo(g,h,i)perileno                           | 191-24-2  | na         | 0,57   | -           | -           | -          | -                                      |
| Benzo(a)pireno                                 | 50-32-8   | na         | 0,052  | 0,4         | 1,5         | 3,5        | 0,7                                    |
| Criseno  | 218-01-9  | na         | 8,1  | -           | -           | -          | -                                      |
| Dibenzo(a,h)antraceno                          | 53-70-3   | na         | 0,08   | 0,15        | 0,6         | 1,3        | 0,18                                   |
| Fenantreno                                     | 85-01-8   | na         | 3,3  | 15          | 40          | 95         | 140                                    |
| Indeno(1,2,3-c,d)pireno                        | 193-39-5  | na         | 0,031  | 2           | 25          | 130        | 0,17                                   |
| Naftaleno                                      | 91-20-3   | na         | 0,12   | 30          | 60          | 90         | 140                                    |
| <b>Benzenos clorados</b>                       |           |            |  |             |             |            |  |
| Clorobenzeno (Mono)                            | 108-90-7  | na         | 0,41   | 40          | 45          | 120        | 700                                    |
| 1,2-Diclorobenzeno                             | 95-50-1   | na         | 0,73   | 150         | 200         | 400        | 1.000                                  |
| 1,3-Diclorobenzeno                             | 541-73-1  | na         | 0,39   | -           | -           | -          | -                                      |
| 1,4-Diclorobenzeno                             | 106-46-7  | na         | 0,39   | 50          | 70          | 150        | 300                                    |
| 1,2,3-Triclorobenzeno                          | 87-61-6   | na         | 0,01   | 5           | 15          | 35         | (a)                                    |
| 1,2,4-Triclorobenzeno                          | 120-82-1  | na         | 0,011  | 7           | 20          | 40         | (a)                                    |
| 1,3,5-Triclorobenzeno                          | 108-70-3  | na         | 0,5  | -           | -           | -          | (a)                                    |
| 1,2,3,4-Tetraclorobenzeno 634-66-2             |           | na         | 0,16   | -           | -           | -          | -                                      |
| 1,2,3,5-Tetraclorobenzeno 634-90-2             |           | na         | 0,0065   | -           | -           | -          | -                                      |
| 1,2,4,5-Tetraclorobenzeno 95-94-3              |           | na         | 0,01   | -           | -           | -          | -                                      |
| Hexaclorobenzeno                               | 118-74-1  | na         | 0,003 <sup>(b)</sup>                                   | 0,005       | 0,1         | 1          | 1                                      |
| <b>Etanos clorados</b>                         |           |            |  |             |             |            |  |
| 1,1-Dicloroetano                               | 75-34-2   | na         | -  | 8,5         | 20          | 25         | 280                                    |
| 1,2-Dicloroetano                               | 107-06-2  | na         | 0,075  | 0,15        | 0,25        | 0,50       | 10                                     |
| 1,1,1-Tricloroetano                            | 71-55-6   | na         | -  | 11          | 11          | 25         | 280                                    |
| <b>Etenos clorados</b>                         |           |            |  |             |             |            |  |
| Cloreto de vinila                              | 75-01-4   | na         | 0,003  | 0,005       | 0,003       | 0,008      | 5                                      |

## ANEXO C

### Legislações utilizadas como parâmetros - RESOLUÇÃO CONAMA no 396, de 3 de abril de 2008

Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências..

Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelo art. 8º, inciso VII, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e o que consta do Processo no 02000.003671/2005-71, e Considerando que o art. 26 da Constituição Federal inclui entre os bens dos Estados as águas subterrâneas;

Considerando que a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, visa assegurar a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental através da racionalização do uso dos meios, controle e zoneamento das atividades potencialmente poluidoras e o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;

Considerando a Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, particularmente em seus arts. 9º e 10 que tratam do enquadramento dos corpos de água em classes, ratifica que cabe à legislação ambiental estabelecer as classes de corpos de água para proceder ao enquadramento dos recursos hídricos segundo os usos preponderantes;

Considerando que a Resolução no 12, de 19 de julho de 2000, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH, determina que cabe às Agências de Águas ou de Bacias, no âmbito de sua área de competência, propor aos respectivos Comitês de Bacias Hidrográficas o enquadramento de corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes;

Considerando que a Resolução no 15, de 11 de janeiro de 2001, do CNRH, estabelece que o enquadramento dos corpos de água em classes dar-se-á segundo as características hidrogeológicas dos aquíferos e os seus respectivos usos preponderantes, a serem especificamente definidos;

Considerando a necessidade de integração das Políticas Nacionais de Gestão Ambiental, de Gestão de Recursos Hídricos e de uso e ocupação do solo, a fim de garantir as funções social, econômica e ambiental das águas subterrâneas;

Considerando que os aquíferos se apresentam em diferentes contextos hidrogeológicos e podem ultrapassar os limites de bacias hidrográficas, e que as águas subterrâneas possuem características físicas, químicas e biológicas intrínsecas, com variações hidrogeoquímicas, sendo necessário que as suas classes de qualidade sejam pautadas nessas especificidades;

Considerando ser a caracterização das águas subterrâneas essencial para estabelecer a referência de sua qualidade, a fim de viabilizar o seu enquadramento em classes;

Considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação;

Considerando que a prevenção e controle da poluição estão diretamente relacionados aos usos e classes de qualidade de água exigidos para um determinado corpo hídrico subterrâneo;

Considerando a necessidade de se promover a proteção da qualidade das águas subterrâneas, uma vez que poluídas ou contaminadas, sua remediação é lenta e onerosa, resolve:

Art. 1o Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas.

## CAPÍTULO I DAS DEFINIÇÕES

Art. 2o Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - águas subterrâneas: águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo;

II - análises toxicológicas: análises químicas ou bioquímicas realizadas com a função de determinar compostos tóxicos, seus produtos de biotransformação ou seus efeitos em materiais biológicos de organismos potencialmente expostos;

III - aquífero: corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos;

IV - classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais e futuros;

V - classificação: qualificação das águas subterrâneas em função de padrões de qualidade que possibilite o seu enquadramento;

VI - condição de qualidade: qualidade apresentada pelas águas subterrâneas, num determinado momento, frente aos requisitos de qualidade dos usos;

VII - efetivação do enquadramento: alcance da meta final do enquadramento;

VIII - enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (Classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um aquífero, conjunto de aquíferos ou porção desses, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;

IX - Limite de Detecção do Método (LDM): menor concentração de uma substância que pode ser detectada, mas não necessariamente quantificada, pelo método utilizado;

X - Limite de Quantificação Praticável (LQP): menor concentração de uma substância que pode ser determinada quantitativamente com precisão e exatidão, pelo método utilizado;

XI - Limite de Quantificação da Amostra (LQA): LQP ajustado para as características específicas da amostra analisada;

XII - metas: realizações físicas e atividades de gestão, de acordo com unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório;

XIII - monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade ou quantidade das águas subterrâneas, em frequência definida;

XIV - padrão de qualidade: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água, estabelecido com base nos valores de referência de qualidade e nos valores máximos permitidos para cada um dos usos preponderantes;

XV - parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

XVI - remediação: técnica ou conjunto de técnicas utilizadas para a remoção ou atenuação dos contaminantes presentes na água subterrânea;

XVII - teste de toxicidade: testes realizados com organismos específicos (animais, plantas, microrganismos ou culturas de células) sob condições padronizadas que permitem estabelecer os possíveis efeitos adversos da amostra avaliada;

XVIII - usos preponderantes: principais usos das águas subterrâneas que incluem, consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação;

XIX - Valor de Referência de Qualidade-VRQ: concentração ou valor de um dado parâmetro que define a qualidade natural da água subterrânea; e

XX - Valor Máximo Permitido-VMP: limite máximo permitido de um dado parâmetro,



específico para cada uso da água subterrânea.

## CAPÍTULO II DA CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Art. 3o As águas subterrâneas são classificadas em:

I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;

II - Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeológicas naturais;

III - Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeológicas naturais;

IV - Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeológicas naturais;

V - Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e VI - Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

## CAPÍTULO III DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Art. 4o Os Valores Máximos Permitidos - VMP para o respectivo uso das águas subterrâneas deverão ser observados quando da sua utilização, com ou sem tratamento, independentemente da classe de enquadramento.

Art. 5o As águas subterrâneas da Classe Especial deverão ter suas condições de qualidade naturais mantidas.

Art. 6o Os padrões das Classes 1 a 4 deverão ser estabelecidos com base nos Valores de Referência de Qualidade-VRQ, determinados pelos órgãos competentes, e nos Valores Máximos Permitidos para cada uso preponderante, observados os Limites de Quantificação Praticáveis-LQPs apresentados no Anexo I.

Parágrafo único. Os parâmetros que apresentarem VMP para apenas um uso serão válidos para todos os outros usos, enquanto VMPs específicos não forem estabelecidos pelo órgão competente.

Art. 7o As águas subterrâneas de Classe 1 apresentam, para todos os parâmetros, VRQs abaixo ou igual dos Valores Máximos Permitidos mais Restritivos dos usos preponderantes.

Art. 8o As águas subterrâneas de Classe 2 apresentam, em pelo menos um dos parâmetros, Valor de Referência de Qualidade-VRQ superior ao seu respectivo Valor Máximo Permitido mais Restritivo-VMPr+ dos usos preponderantes.

Art. 9º As águas subterrâneas de Classe 3 deverão atender ao Valor Máximo Permitido mais Restritivo-VMPr+ entre os usos preponderantes, para cada um dos parâmetros, exceto quando for condição natural da água.

Art. 10. As águas subterrâneas de Classe 4 deverão atender aos Valores Máximos Permitidos menos Restritivos-VMPr- entre os usos preponderantes, para cada um dos parâmetros, exceto quando for condição natural da água.

Art. 11. As águas subterrâneas de Classe 5 não terão condições e padrões de qualidade conforme critérios utilizados nesta Resolução.

Art. 12. Os parâmetros a serem selecionados para subsidiar a proposta de enquadramento das águas subterrâneas em classes deverão ser escolhidos em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, das fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelo órgão competente.

Parágrafo único. Dentre os parâmetros selecionados, deverão ser considerados, no mínimo, Sólidos Totais Dissolvidos, nitrato e coliformes termotolerantes.

Art. 13. Os órgãos competentes deverão monitorar os parâmetros necessários ao acompanhamento da condição de qualidade da água subterrânea, com base naqueles selecionados conforme o artigo 12, bem como pH, turbidez, condutividade elétrica e medição de nível de água.

§ 1º A frequência inicial do monitoramento deverá ser no mínimo semestral e definida em função das características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas dos aquíferos, das fontes de poluição e dos usos pretendidos, podendo ser reavaliada após um período representativo.

§ 2º Os órgãos competentes deverão realizar, a cada cinco anos, uma caracterização da qualidade da água contemplando todos os parâmetros listados no Anexo I, bem como outros que sejam considerados necessários.

§ 3º Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

§ 4º A avaliação da qualidade da água subterrânea deverá ser complementada, quando tecnicamente justificado, por meio de testes de toxicidade com organismos apropriados para cada um dos usos ou por análises toxicológicas adequadas.

§ 5º Na hipótese dos estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão às suas expensas.

Art. 14. Independentemente dos valores máximos permitidos para as Classes 3 e 4, qualquer aumento de concentração de contaminantes deverá ser monitorado, sua origem identificada e medidas adequadas de prevenção e controle deverão ser adotadas pelos órgãos competentes.

Art. 15. As amostragens e as análises de água subterrânea e sua interpretação para avaliação da condição de qualidade serão realizadas pelo órgão competente, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado.

Art. 16. As amostragens e análises das águas subterrâneas deverão ser realizadas por laboratórios ou instituições que possuam critérios e procedimentos de qualidade aceitos pelos órgãos responsáveis pelo monitoramento.

Art. 17. Para atendimento desta Resolução, as amostragens, as análises e o controle de qualidade para caracterização e monitoramento das águas subterrâneas deverão adotar os seguintes procedimentos mínimos:

I - as amostras de água subterrânea deverão ser coletadas utilizando métodos padronizados em pontos de amostragem que sejam representativos da área de interesse;

II - no caso da amostragem ser realizada em poços tubulares e de monitoramento, estes deverão ser construídos de acordo com as normas técnicas vigentes;

III - as análises deverão ser realizadas em amostras íntegras, sem filtração ou qualquer outra alteração, a não ser o uso de preservantes que, quando necessários, deverão seguir as normas técnicas vigentes;

IV - as análises mencionadas no inciso III, quando tecnicamente justificado, deverão também ser realizadas na fração dissolvida;

V - as análises físico-químicas deverão ser realizadas utilizando-se métodos padronizados, em laboratórios que atendam aos limites de quantificação praticáveis, listados no Anexo I desta Resolução;

VI - no caso de uma substância ocorrer em concentrações abaixo dos limites de quantificação praticável-LQP, aceitar-se-á o resultado como ausente para fins de atendimento desta Resolução;

VII - no caso do limite de quantificação da amostra-LQA ser maior do que o limite de quantificação praticável-LQP, este também será aceito para atendimento desta Resolução, desde que tecnicamente justificado; e

VIII - no caso de a substância ser identificada na amostra entre o LDM e o LQA, o fato deverá ser reportado no laudo analítico com a nota de que a concentração não pode ser determinada com confiabilidade, não se configurando, neste caso, não conformidade em relação aos VMPs definidos para cada classe.

Art. 18. Os resultados das análises deverão ser reportados em laudos analíticos contendo, no mínimo:

I - identificação do local da amostragem, data e horário de coleta entrada da amostra no laboratório, anexando a cadeia de custódia;

II - indicação do método de análises utilizado para cada parâmetro analisado;

III - limites de quantificação praticados pelo laboratório e da amostra, quando for o caso, para cada parâmetro analisado;

IV - resultados dos brancos do método e “surrogates” (rastreadores);

V - incertezas de medição para cada parâmetro; e

VI - ensaios de adição e recuperação dos analitos na matriz (spike).

Parágrafo único. Outros documentos, tais como cartas controle, cromatogramas e resultados obtidos em ensaios de proficiência, poderão ser solicitados a qualquer tempo pelo órgão ambiental competente.

Art. 19. Os órgãos competentes poderão acrescentar outras condições e padrões de qualidade para as águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica, bem como estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário.

#### CAPÍTULO IV

#### DAS DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA PREVENÇÃO E CONTROLE DA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Art. 20. Os órgãos ambientais em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos deverão promover a implementação de Áreas de Proteção de Aquíferos e Perímetros de Proteção de Poços de Abastecimento, objetivando a proteção da qualidade da água subterrânea.

Art. 21. Os órgãos ambientais, em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos e da saúde, deverão promover a implementação de Áreas de Restrição e Controle do Uso da Água

Subterrânea, em caráter excepcional e temporário, quando, em função da condição da qualidade e quantidade da água subterrânea, houver a necessidade de restringir o uso ou a captação da água para proteção dos aquíferos, da saúde humana e dos ecossistemas.

Parágrafo único. Os órgãos de gestão dos recursos hídricos, de meio ambiente e de saúde deverão articular-se para definição das restrições e das medidas de controle do uso da água subterrânea.

Art. 22. As restrições e exigências da classe de enquadramento das águas subterrâneas, aprovado pelo conselho de recursos hídricos competente, deverão ser observadas no licenciamento ambiental, no zoneamento econômico-ecológico e na implementação dos demais instrumentos de gestão ambiental.

Art. 23. A recarga artificial e a injeção para contenção de cunha salina em aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses, das Classes 1, 2, 3 e 4, não poderá causar alteração da qualidade das águas subterrâneas que provoque restrição aos usos preponderantes.

Art. 24. A injeção em aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses com o objetivo de remediação deverá ter o controle dos órgãos competentes com o objetivo de alcançar ou manter os padrões de qualidade para os usos preponderantes e prevenir riscos ambientais.

Parágrafo único. A injeção a que se refere o caput deste artigo não deverá promover alteração da condição da qualidade dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, adjacentes, sobrejacentes e subjacentes, exceto para sua melhoria.

Art. 25. Nos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses onde ocorrerem injeção ou recarga, conforme especificado nos arts. 21 e 22, deverá ser implantado um programa específico de monitoramento da qualidade da água subterrânea.

Art. 26. Nos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, em que as águas subterrâneas estão enquadradas em Classe 5, poderá ser admitida a injeção direta, mediante controle dos órgãos competentes, com base em estudos hidrogeológicos apresentados pelo interessado, demonstrando que a injeção não provocará alteração da condição de qualidade em relação ao enquadramento das águas subterrâneas adjacentes, sobrejacentes e subjacentes, por meio de monitoramento.

Art. 27. A aplicação e disposição de efluentes e de resíduos no solo deverão observar os critérios e exigências definidos pelos órgãos competentes e não poderão conferir às águas subterrâneas características em desacordo com o seu enquadramento.

§ 1º A aplicação e a disposição, referidas no caput, não serão permitidas nos casos em que as águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses estejam enquadrados na Classe Especial.

§ 2º A aplicação e a disposição serão precedidas de plano específico e programa de monitoramento da qualidade da água subterrânea a serem aprovados pelo órgão competente.

## CAPÍTULO V

### DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O ENQUADRAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Art. 28. O enquadramento das águas subterrâneas dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, observadas as diretrizes ambientais apresentadas neste Capítulo.

Parágrafo único. De acordo com esta Resolução, o enquadramento das águas subterrâneas nas classes será efetuado com base nos usos preponderantes mais restritivos atuais ou pretendidos, exceto para a Classe 4, para a qual deverá prevalecer o uso menos restritivo.

Art. 29. O enquadramento das águas subterrâneas será realizado por aquífero, conjunto de aquíferos ou porções desses, na profundidade onde estão ocorrendo as captações para os usos preponderantes, devendo ser considerados no mínimo:

- I - a caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica;
- II - a caracterização da vulnerabilidade e dos riscos de poluição;
- III - o cadastramento de poços existentes e em operação;
- IV - o uso e a ocupação do solo e seu histórico;
- V - a viabilidade técnica e econômica do enquadramento;
- VI - a localização das fontes potenciais de poluição; e
- VII - a qualidade natural e a condição de qualidade das águas subterrâneas.

Art. 30. Nos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses, em que a condição de qualidade da água subterrânea esteja em desacordo com os padrões exigidos para a classe do seu enquadramento, deverão ser empreendidas ações de controle ambiental para a adequação da qualidade da água à sua respectiva classe, exceto para as substâncias que excedam aos limites estabelecidos devido à sua condição natural.

§ 1º As ações de controle ambiental referidas no caput deverão ser executadas em função das metas do enquadramento, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias.

§ 2º A adequação gradativa da condição da qualidade da água aos padrões exigidos para a classe deverá ser definida levando-se em consideração as tecnologias de remediação disponíveis, a viabilidade econômica, o uso atual e futuro do solo e das águas subterrâneas, devendo ser aprovada pelo órgão ambiental competente.

§ 3º Constatada a impossibilidade da adequação prevista no parágrafo anterior, deverão ser realizados estudos visando o reenquadramento da água subterrânea.

§ 4º Medidas de contenção das águas subterrâneas deverão ser exigidas pelo órgão competente, quando tecnicamente justificado.

Art. 31. Os estudos para enquadramento das águas subterrâneas deverão observar a interconexão hidráulica com as águas superficiais, visando compatibilizar as respectivas propostas de enquadramento.

Art. 32. Ficam estabelecidos como condicionantes para o enquadramento das águas subterrâneas em Classe 5 que as mesmas estejam em aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses, confinados, e que apresentem valores de Sólidos Totais Dissolvidos superiores a 15.000 mg/L.

## CAPÍTULO VI DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 33. A classe de enquadramento das águas subterrâneas, bem como sua condição de qualidade, deverão ser divulgadas, periodicamente, pelos órgãos competentes por meio de relatórios de qualidade e placas de sinalização nos locais de monitoramento.

Art. 34. Os Valores Máximos Permitidos-VMP e os Limites de Quantificação Praticáveis-LQP, constantes no Anexo I, deverão ser reavaliados a cada cinco anos, ou em menor prazo quando tecnicamente justificado.

Parágrafo único. Os órgãos competentes gestores podem, a qualquer momento, incluir outros usos da água subterrânea ou substâncias não listadas, desde que tecnicamente justificado, definindo seus respectivos VMP e LQP.

Art. 35. Deverão ser fomentados estudos para definição de Valores Máximos Permitidos que reflitam as condições nacionais, especialmente para dessedentação de animais e irrigação.

Art. 36. Nas regiões onde houver ocorrência de elementos radioativos, os órgãos competentes deverão caracterizar radioquimicamente as águas subterrâneas.

Art. 37. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

MARINA SILVA – Presidente do Conselho

Este texto não substitui o publicado no DOU, de 7 de abril de 2008

## ANEXO I

O Anexo I apresenta lista de parâmetros com maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas, seus respectivos Valores Máximos Permitidos (VMP) para cada um dos usos considerados como preponderantes e os limites de quantificação praticáveis (LQP), considerados como aceitáveis para aplicação desta Resolução.

| Parâmetros                       | Nº CAS                                | Usos Preponderantes da Água |                          |                      |           | LQP Praticável<br>-LQP |
|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|-----------|------------------------|
|                                  |                                       | Consumo Humano              | Dessedentação de animais | Irrigação            | Recreação |                        |
| <b>Inorgânicos</b>               |                                       | <b>µg.L-1</b>               |                          |                      |           |                        |
| Alumínio                         | 7429-90-5                             | 200 (1)                     | 5.000                    | 5.000                | 200       | 50                     |
| Antimônio                        | 7440-36-0                             | 5                           |                          |                      |           | 5                      |
| Arsênio                          | 7440-38-2                             | 10                          | 200                      |                      | 50        | 8                      |
| Bário                            | 7440-39-3                             | 700                         |                          |                      | 1.000     | 20                     |
| Berílio                          | 7440-41-7                             | 4                           | 100                      | 100                  |           | 4                      |
| Boro                             | 7440-42-8                             | 500 (2)                     | 5.000                    | 500 (4)              | 1.000     | 200                    |
| Cádmio                           | 7440-43-9                             | 5                           | 50                       | 10                   | 5         | 5                      |
| Chumbo                           | 7439-92-1                             | 10                          | 100                      | 5.000                | 50        | 10                     |
| Cianeto                          | 57-12-5                               | 70                          |                          |                      | 100       | 50                     |
| Cloreto                          | 16887-00-6                            | 250.000 (1)                 |                          | 100.000 -<br>700.000 | 400.000   | 2000                   |
| Cobalto                          | 7440-48-4                             |                             | 1.000                    | 50                   |           | 10                     |
| Cobre                            | 7440-50-8                             | 2.000                       | 500                      | 200                  | 1.000     | 50                     |
| Crômio<br>(Cr III + Cr VI)       | Cr III (16065831)<br>Cr VI (18540299) | 50                          | 1.000                    | 100                  | 50        | 10                     |
| Ferro                            | 7439-89-6                             | 300 (1)                     |                          | 5.000                | 300       | 100                    |
| Floreto                          | 7782-41-4                             | 1.500                       | 2.000                    | 1.000                |           | 500                    |
| Lítio                            | 7439-95-2                             |                             |                          | 2.500                |           | 100                    |
| Manganês                         | 7439-96-5                             | 100 (1)                     | 50                       | 200                  | 100       | 25                     |
| Mercurio                         | 7439-97-6                             | 1                           | 10                       | 2                    | 1         | 1                      |
| Molibdênio                       | 7439-98-7                             | 70                          | 150                      | 10                   |           | 10                     |
| Níquel                           | 7440-02-0                             | 20 (3)                      | 1.000                    | 200                  | 100       | 10                     |
| Nitrato (expresso em N)          | 14797-55-8                            | 10.000                      | 90.000                   |                      | 10.000    | 300                    |
| Nitrito (expresso em N)          | 14797-65-0                            | 1.000                       | 10.000                   | 1.000                | 1.000     | 20                     |
| Prata                            | 7440-22-4                             | 100                         |                          |                      | 50        | 10                     |
| Selenio                          | 7782-49-2                             | 10                          | 50                       | 20                   | 10        | 10                     |
| Sódio                            | 7440-23-5                             | 200.000 (1)                 |                          |                      | 300.000   | 1000                   |
| Sólidos Totais Dissolvidos (STD) |                                       | 1.000.000 (1)               |                          |                      |           | 2000                   |
| Sulfato                          |                                       | 250.000 (1)                 | 1.000.000                |                      | 400.000   | 5.000                  |
| Urânio                           | 7440-61-1                             | 15 (2,3)                    | 200                      | 10 (4)               |           |                        |
| 100 (5)                          |                                       | 50                          |                          |                      |           |                        |
| Vanádio                          | 7440-62-2                             | 50                          | 100                      | 100                  |           | 20                     |
| Zinco                            | 7440-66-6                             | 5.000 (1)                   | 24.000                   | 2.000                | 5.000     | 100                    |
| <b>Orgânicos</b>                 |                                       | <b>µg.L-1</b>               |                          |                      |           |                        |
| Acetilamida                      | 79-06-1                               | 0,5                         |                          |                      |           | 0,15                   |
| Benzeno                          | 71-43-2                               | 5                           |                          |                      | 10        | 2                      |
| Benz(a) antraceno                | 56-55-3                               | 0,05                        |                          |                      |           | 0,15                   |

|   |  |               |     |      |             |                 |
|---|--|---------------|-----|------|-------------|-----------------|
| Benzo fluoranteno                                   | 205-99-2   | 0,05          |     |      |             | 0,15            |
| Benzo(k)fluoranteno                                 | 207-08-9   | 0,05          |     |      |             | 0,15            |
| Benzo pirano  | 50-32-8  | 0,05          |     |      | 0,01        | 0,15            |
| Clorato de vinila                                   | 75-01-4  | 5             |     |      |             | 2               |
| Clorofórmio   | 67-66-3  | 200           | 100 |      |             | 5               |
| Criseno   | 218-01-9   | 0,05          |     |      |             | 0,15            |
| 1,2-Diclorobenzeno                                  | 95-50-1  | 1.000 (1)     |     |      |             | 5               |
| 1,4-Diclorobenzeno                                  | 106-46-7   | 300(1)        |     |      |             | 5               |
| 1,2-Dicloroetano                                    | 107-06-2   | 10            | 5   |      | 10          | 5               |
| <b>Orgânicos</b>                                    |  | <b>µg/L-1</b> |     |      |             |                 |
| 1,1-Dicloroetano                                    | 75-35-4  | 30            |     |      | 0,3         | 5               |
| 1,2-Dicloroetano                                    |  |               |     |      |             |                 |
| (cis + trans)                                       | cis (156-59-2)   |               |     |      |             |                 |
| trans (156-60-5)                                    | 50   |               |     |      | 5 para cada |                 |
| Dibenzotricloreno                                   | 53-70-3  | 0,05          |     |      |             | 0,15            |
| Diclorometano                                       | 75-09-2  | 20            | 50  |      |             | 10              |
| Estireno  | 100-42-5   | 20            |     |      |             | 5               |
| Etilbenzeno   | 100-41-4   | 200(1)        |     |      |             | 5               |
| Fenol (10)  |  | 3             | 2   |      | 2           | 10              |
| Indeno(1,2,3)pireno                                 | 193-39-005   | 0,05          |     |      |             | 0,15            |
| PCBs<br>(normatiza de 7) (9)                        | (9)  | 0,5           |     |      | 0,1         | 0,01 para cada  |
| Tetracloreto de carbono                             | 56-23-5  | 2             | 5   |      | 3           | 2               |
| Triclorobenzenos<br>(1,2,4-TCB + 1,3,5-TCB + 1,2,3) | 1,2,4-TCB(120-82-1); 1,3,5-TCB(108-70-3)<br>1,2,3-TCB(87-61-6)                   | 20            |     |      |             | 5 para cada     |
| Tetracloreto  | 127-18-4   | 40            |     |      | 10          | 5               |
| 1,1,2Tricloroetano                                  | 79-01-6  | 70            | 50  |      | 30          | 5               |
| Tolueno   | 108-88-3   | 170 (*)       | 24  |      |             | 5               |
| Xileno Total (o+m-p)                                | m (108-38-3);<br>o (95-47-6);<br>p (106-42-3)                                    | 300 (*)       |     |      |             | 5 para cada     |
| <b>Agrotóxicos</b>                                  |  | <b>µg/L-1</b> |     |      |             |                 |
| Aldice  | 15972-60-8   | 20            |     |      | 3           | 0,1             |
| Aldicarb + ald. sulfona + ald. sulfóxido            | Aldicarb (116-06-3),<br>ald. sulfona (1646-88-4) e<br>ald. sulfóxido (1646-87-3) | 10            | 11  | 54,9 |             | 3 para cada     |
| Aldrin + Dieldrin                                   | Aldrin (309-00-2) Dieldrin (60-57-1)   | 0,03          |     |      | 1           | 0,005 para cada |
| Atrazina  | 1912-24-9  | 2             | 5   | 10   |             | 0,5             |
| Bentazona   | 25057-89-0   | 300           |     |      | 400         | 30              |
| Carbofuran  | 1563-66-2  | 7             | 45  |      | 30          | 5               |
| Clordano<br>(cis + trans)                           | cis (5103-71-9) e<br>trans (5103-74-2)   | 0,2           |     |      | 6           | 0,01 para cada  |
| Clortalenil   | 1897-46-6  | 30            | 170 | 5,8  |             | 0,1             |
| Clopirifós  | 2921-88-2  | 30            | 24  |      | 2           | 2               |
| 2,4-D   | 94-75-7  | 30            |     |      | 100         | 2               |



|                                       |  |                   |            |                                    |                |                |
|---------------------------------------|--|-------------------|------------|------------------------------------|----------------|----------------|
| DDT (p,p'- DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD) | p,p'-DDT (50-29-3) p,p'-DDE (72-55-3) p,p'-DDD (72-54-8) | 2                 |            |                                    | 3              | 0,01 para cada |
| Endosulfan (I+II+ sulfato)            | I (959-98-8)   |                   |            |                                    |                |                |
| II (33213-65-8) sulfato (1031-07-8)   | 20   |                   |            | 40                                 | 0,02 para cada |                |
| Endrin                                | 72-20-8  | 0,5               |            |                                    | 1              | 0,01           |
| Gifentato + Ámpa                      | 1071-83-6  | 500               | 280        | 0,13 (6);<br>0,06 (7);<br>0,04 (8) | 200            | 30             |
| Heptacloro + heptacloro epóxido       | Heptacloro (76-44-8);                                    |                   |            |                                    |                |                |
| Heptacloro epóxido (1024-57-3)        | 0,03   |                   |            | 3                                  | 0,01 para cada |                |
| Hezadcloro benzeno                    | 118-74-1   | 1                 | 0,52       |                                    |                | 0,01           |
| Lindano (gama-BHC)                    | 58-89-9  | 2                 | 4          |                                    | 10             | 0,01           |
| <b>Agrotóxicos</b>                    |  | <b>µg.L-1</b>     |            |                                    |                |                |
| Malation                              | 121-75-5   | 190               |            |                                    |                | 2              |
| Metolaclo                             | 51218-45-2   | 10                | 50         | 28                                 | 800            | 0,1            |
| Metoxicloro                           | 72-43-5  | 20                |            |                                    |                | 0,1            |
| Melinate                              | 2212-67-1  | 6                 |            |                                    | 1              | 5              |
| Pendimetalina                         | 40487-42-1   | 20                |            |                                    | 600            | 0,1            |
| Pentaclorofenol                       | 87-89-5  | 9                 |            |                                    | 10             | 2              |
| Permetrina                            | 52645-53-1   | 20                |            |                                    | 300            | 10             |
| Propanil                              | 709-98-8   | 20                |            |                                    | 1.000          | 10             |
| Simazina                              | 122-34-9   | 2                 | 10         | 0,5                                |                | 1              |
| Trifluralina                          | 1582-09-8  | 20                | 45         |                                    | 500            | 0,1            |
| <b>Microorganismos</b>                |  |                   |            |                                    |                |                |
| E. coli                               | -  | Ausentes em 100ml | 200/100 ml |                                    | 800/100mL      | --             |
| Enterococos                           | -  | -                 | -          | -                                  | 100/100mL      | --             |
| Coliformos termotolerantes            | -  | Ausentes em 100ml | 200/100 ml |                                    | 1000/100mL     | --             |

### Legendas

1. Efeito organoleptico.
2. Maxima concentracao de substancia na agua de irrigacao em 100 anos de irrigacao (protecao de plantas e outros organismos).
3. Maxima concentracao de substancia na agua de irrigacao em 20 anos de irrigacao (protecao de plantas e outros organismos).
4. Taxa de irrigacao  $\hat{A}$  3500 m<sup>3</sup>/ha
5. 3500 < Taxa de irrigacao  $\hat{A}$  7000 m<sup>3</sup>/ha
6. 7000 < Taxa de irrigacao  $\hat{A}$  12000 m<sup>3</sup>/ha
7. PCBs = somatoria de PCB 28 (2,4,4<sub>i</sub><sup>-</sup>-triclorobifenila - n<sup>o</sup>-CAS 7012-37-5), PCB 52 (2,2<sub>i</sub><sup>-</sup>,5,5<sub>i</sub><sup>-</sup>- tetraclorobifenila - n<sup>o</sup>- CAS 35693-99-3), PCB 101(2,2<sub>i</sub><sup>-</sup>,4,5,5<sub>i</sub><sup>-</sup>-Pentaclorobifenila - n<sup>o</sup>-CAS 37680-73-2), PCB 118 (2,3<sub>i</sub><sup>-</sup>,4,4<sub>i</sub><sup>-</sup>,5-pentaclorobifenila - n<sup>o</sup>-CAS 31508-00-6), PCB 138 (2,2<sub>i</sub><sup>-</sup>,3,4,4<sub>i</sub><sup>-</sup>,5<sub>i</sub><sup>-</sup>-hexaclorobifenila - n<sup>o</sup>- CAS 35056-28-2), PCB 153 (2,2<sub>i</sub><sup>-</sup>,4,4<sub>i</sub><sup>-</sup>,5,5<sub>i</sub><sup>-</sup> - hexaclorobifenila - n<sup>o</sup>-CAS 3505-27-1) e PCB 180 (2,2<sub>i</sub><sup>-</sup>,3,4,4<sub>i</sub><sup>-</sup>,5,5<sub>i</sub><sup>-</sup> heptaclorobifenila - n<sup>o</sup>-CAS 35065-29-3).
8. Fenóis que reagem com aminoantipirina, valido somente quando ocorre cloracao. Os valores

maximos permitidos para fenos previnem a formacao de gosto e odor indesejavel na agua quando da sua cloracao. Para o caso de Limites de Quantificacao (LQP ou LQA) maior que o valor de interesse analises de perfil de sabor deverao ser realizadas de acordo com metodos analiticos padronizados antes e apos a cloracao da agua. Resultado nao objetavel indicara atendimento ao padrao de qualidade requerido.

O Anexo II apresenta um exemplo de estabelecimento de padões por classe para parâmetros selecionados de acordo com o art. 12, considerando o uso concomitante para consumo humano, dessedentação, irrigação e recreação

| Motivação da inclusão                    | Parâmetros selecionados passíveis de ser de origem natural | Padrões por classe – concentração (µg.L <sup>-1</sup> ) |                    |               |
|--|--|---|--------------------|---------------|
|  |  | Classes 1 e 2 (VRQ)                                     | Classe 3*          | Classe 4**    |
| Características hidrogeológicas          | Arsênio  | Se VRQ <10 Classe 1                                     | 10                 | 200           |
|  |  | Se VRQ > 10 Classe 2                                    |                    |               |
|  | Ferro  | Se VRQ <300 Classe 1                                    | 300                | 5000          |
|  |  | Se VRQ > 300 Classe 2                                   |                    |               |
|  | Chumbo   | Se VRQ <10 Classe 1                                     | 10                 | 5000          |
|  |  | Se VRQ > 10 Classe 2                                    |                    |               |
| Crômio                                   | Se VRQ <50 Classe 1  | 50  | 1000               |               |
|  | Se VRQ > 50 Classe 2                                       |   |                    |               |
| Motivação da inclusão                    | Parâmetros de origem antrópica                             | Classes 1 e 2 (VRQ)                                     | Classe 3           | Classe 4      |
| Uso intensivo na região                  | Aldicarb   | AUSENTE   | 10                 | 54,9          |
|  | Carbofuran   | AUSENTE   | 7                  | 45            |
|  | Pentaclorofenol  | AUSENTE   | 9                  | 10            |
| Possível influência de Posto de gasolina | Benzeno  | AUSENTE   | 5                  | 10            |
|  | Etilbenzeno  | AUSENTE   | 200                | 200           |
|  | Tolueno  | AUSENTE   | 24                 | 24            |
|  | Xileno   | AUSENTE   | 300                | 300           |
| Parâmetros mínimos obrigatórios          | Sólidos Totais Dissolvidos                                 | Se VRQ <1.000.000 Classe 1                              | 1.000.000          | 1.000.000     |
|  |  | Se VRQ >1.000.000 Classe 2                              |                    |               |
|  | Coliformes termotolerantes                                 | Ausentes em 100 ml                                      | Ausentes em 100 ml | 4000 em 100ml |
|  | Nitrato (expresso em N)                                    | Se VRQ <10.000 Classe 1                                 | 10.000             | 50.000        |

**Legenda:**

VRQ - valor de referência de qualidade, definido pelos órgãos competentes, de acordo com art. 6o desta Resolução.

\*Para a Classe 3, quando o VRQ for superior ao VMPr+ o primeiro será adotado como padrão da classe.

\*\* Para a Classe 4, quando o VRQ for superior ao VMPr- o primeiro será adotado como padrão da classe.

## ANEXO D

### Resultado dos parâmetros Físico-Químicos

## RELATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS

Interessado: Dr. Giancarlo Lastória – Campo Grande/MS

Material Entregue Declarado: Água

Natureza do Trabalho: Diversas Determinações

Referência: 08 amostras

---

### RESULTADOS:

| H2L | Amostra   | Na   | K      | Si   | Mg   | Ca   | Sr   | Al      | Zn      | P      | Ba   |
|-----|-----------|------|--------|------|------|------|------|---------|---------|--------|------|
| No, | Identif,  | mg/L | mg/L   | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L    | mg/L    | mg/L   | mg/L |
| 987 | Poço – 1  | 18,2 | 0,14   | 2,58 | 9,80 | 24,7 | 0,10 | 0,019   | < 0,010 | < 0,10 | 0,25 |
| 988 | Poço – 4  | 15,0 | 0,70   | 6,80 | 21,1 | 73,0 | 0,30 | 0,029   | < 0,010 | < 0,10 | 0,11 |
| 989 | Poço – 5  | 10,9 | 0,38   | 8,77 | 47,1 | 96,5 | 0,31 | 0,019   | < 0,010 | < 0,10 | 0,33 |
| 990 | Poço – 7  | 31,7 | 0,66   | 11,9 | 17,8 | 98,1 | 0,34 | < 0,010 | 0,043   | < 0,10 | 0,39 |
| 991 | Poço – 8  | 21,5 | 4,61   | 6,39 | 15,9 | 57,5 | 0,16 | 0,13    | < 0,010 | 0,34   | 0,23 |
| 992 | Poço – 10 | 29,6 | 1,41   | 5,90 | 38,9 | 81,6 | 0,18 | 0,014   | < 0,010 | 0,14   | 0,29 |
| 993 | Poço – 13 | 6,98 | < 0,10 | 6,71 | 24,9 | 67,9 | 0,20 | 0,024   | < 0,010 | < 0,10 | 0,20 |
| 994 | Poço – 14 | 3,38 | < 0,10 | 8,18 | 28,7 | 92,1 | 0,42 | 0,023   | < 0,010 | < 0,10 | 0,40 |

| H2L | Amostra   | Cd      | Ni      | Mn      | Fe      | Cr      | Pb      | Cu      | Co      |
|-----|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| No, | Identif,  | mg/L    | mg/L    | mg/L    | mg/L    | mg/L    | mg/L    | mg/L    | mg/L    |
| 987 | Poço – 1  | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,020 | < 0,010 | < 0,010 |
| 988 | Poço – 4  | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,020 | < 0,010 | < 0,010 |
| 989 | Poço – 5  | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,020 | < 0,010 | < 0,010 |
| 990 | Poço – 7  | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,020 | < 0,010 | < 0,010 |
| 991 | Poço – 8  | < 0,010 | < 0,010 | 0,42    | 1,62    | < 0,010 | < 0,020 | < 0,010 | < 0,010 |
| 992 | Poço – 10 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,020 | < 0,010 | < 0,010 |
| 993 | Poço – 13 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | < 0,020 | < 0,010 | < 0,010 |
| 994 | Poço – 14 | < 0,010 | < 0,010 | 0,26    | < 0,010 | < 0,010 | < 0,020 | < 0,010 | < 0,010 |

| H2L No, | Amostra Identif, | Li mg/L | Na mg/L | NH <sub>4</sub> mg/L | K mg/L |
|---------|------------------|---------|---------|----------------------|--------|
| 987     | Poço – 1         | 0,33    | 18,2    | < 0,05               | 0,14   |
| 988     | Poço – 4         | < 0,05  | 15,0    | < 0,05               | 0,70   |
| 989     | Poço – 5         | < 0,05  | 10,9    | < 0,05               | 0,38   |
| 990     | Poço – 7         | < 0,05  | 31,7    | < 0,05               | 0,66   |
| 991     | Poço – 8         | < 0,05  | 21,5    | < 0,05               | 4,61   |
| 992     | Poço – 10        | < 0,05  | 29,6    | < 0,05               | 1,41   |
| 993     | Poço – 13        | < 0,05  | 6,98    | < 0,05               | < 0,10 |
| 994     | Poço – 14        | < 0,05  | 3,38    | < 0,05               | < 0,10 |

| H2L No, | Amostra Identif, | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> mg/L | F <sup>-</sup> mg/L | Cl <sup>-</sup> mg/L | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/L | Br <sup>-</sup> mg/L | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/L | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L | C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L |
|---------|------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|
| 987     | Poço – 1         | 70,4                               | < 2,0                              | 0,18                | 17,9                 | 0,24                              | 1,41                 | 67                                | < 0,50                             | 8,88                               | < 0,25   |
| 988     | Poço – 4         | 347                                | < 2,0                              | 0,38                | 18,1                 | 0,16                              | 2,65                 | 3,7                               | < 0,50                             | 14,9                               | < 0,25   |
| 989     | Poço – 5         | 476                                | < 2,0                              | 0,27                | 43,3                 | 0,18                              | 3,19                 | 12,4                              | < 0,50                             | 16,9                               | < 0,25   |
| 990     | Poço – 7         | 329                                | < 2,0                              | 0,40                | 64,1                 | 0,39                              | 1,82                 | 51,7                              | < 0,50                             | 24,2                               | < 0,25   |
| 991     | Poço – 8         | 296                                | < 2,0                              | 0,50                | 28,7                 | < 0,05                            | 2,45                 | < 0,25                            | < 0,50                             | 4,01                               | < 0,25   |
| 992     | Poço – 10        | 423                                | < 2,0                              | 0,27                | 38,9                 | 0,23                              | 3,18                 | 13,8                              | < 0,50                             | 27,5                               | < 0,25   |
| 993     | Poço – 13        | 337                                | < 2,0                              | 0,34                | 10,2                 | 0,24                              | 2,16                 | 17,9                              | < 0,50                             | 12,5                               | < 0,25   |
| 994     | Poço – 14        | 412                                | < 2,0                              | 0,31                | 23,70                | 0,490                             | 2,99                 | 22,8                              | < 0,50                             | 12,1                               | < 0,25   |

| H2L No, | Amostra Identif, | Temperatura °C | Condutividade µS/cm | pH Tampão de 4 e 7 |
|---------|------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| 987     | Poço – 1         | 23,3           | 317                 | 7,1                |
| 988     | Poço – 4         | 23,2           | 594                 | 7,6                |
| 989     | Poço – 5         | 23,3           | 827                 | 7,7                |
| 990     | Poço – 7         | 23,3           | 779                 | 7,8                |
| 991     | Poço – 8         | 23,2           | 518                 | 7,6                |
| 992     | Poço – 10        | 23,3           | 773                 | 7,6                |
| 993     | Poço – 13        | 23,3           | 569                 | 7,7                |
| 994     | Poço – 14        | 23,2           | 712                 | 7,5                |

As determinações de Na e K foram realizadas por Espectrofotometria de Absorção Atômica (FAAS), os metais por Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma de Argônio Indutivo (ICP-AES), e os ânions foram realizadas por Cromatografia iônica (IC). As análises estão baseadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 19ª edição, 1995.

Quím, Responsável: MSc, Mirtis I. Ariza Malagutti - CRQ: Pr. 23.478/81

Rio Claro, 27 de maio de 2008.

MSc. Mirtis Irene Ariza Malagutti



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO ESPORTO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MS

## LAUDO TÉCNICO

**Interessado:** Núbia Gonçalves da Paixão Enetério, mestranda do Departamento de Hidráulica e Transporte da UFMS  
**Endereço:** Rua Ouvidor, 858, Jardim Analy, Campo Grande-MS. **Fone:** 92025984  
**Natureza do material e condições de embalagem:** Amostras de água de poço coletadas pelo interessado em 11.03.08, em frascos estéreis e identificadas pelo número do poço.

**Análise(s) solicitada(s):** microbiológicas

**Registro n.º:** 046 a 049/2008

**Data de recebimento:** 11.03.2008

**Data de emissão:** 25.03.2008

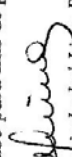
### RESULTADOS:

|  | AMOSTRAS*             |                        |                        |
|--|-----------------------|------------------------|------------------------|
|  | 046                   | 047                    | 048                    |
| Coliformes totais (NMP/mL).....                    | 2,4 x 10 <sup>1</sup> | 4,6 x 10 <sup>1</sup>  | >1,1 x 10 <sup>2</sup> |
| Coliformes fecais (NMP/mL).....                    | 2,4 x 10 <sup>1</sup> | 4,6 x 10 <sup>1</sup>  | >1,1 x 10 <sup>2</sup> |
| Contagem de bactérias heterotróficas (UFC/mL)..... | 5,6 x 10 <sup>2</sup> | 6,7 x 10 <sup>3</sup>  | 8,4 x 10 <sup>2</sup>  |
| Contagem de bactérias proteolíticas (NMP/mL).....  | 4,6 x 10 <sup>1</sup> | >1,1 x 10 <sup>2</sup> | 1,1 x 10 <sup>2</sup>  |
| Clostrídio Sulfito Redutor (UFC/mL).....           | 1,0 x 10 <sup>0</sup> | 1,0 x 10 <sup>0</sup>  | <1,0 x 10 <sup>0</sup> |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (NMP/mL).....        | 2,3 x 10 <sup>0</sup> | 9,3 x 10 <sup>0</sup>  | 9,3 x 10 <sup>0</sup>  |
| Enterococos (NMP/mL).....                          | 0,7 x 10 <sup>0</sup> | 1,5 x 10 <sup>1</sup>  | 2,4 x 10 <sup>1</sup>  |

\* Amostras 046 = Amostra 1; 047 = Amostra 4; 048 = Amostra 5; 049 = Amostra 7

Estes resultados têm valor restrito às amostras analisadas, sendo vedado seu uso para fins de propaganda.

### RESPONSÁVEIS:

  
Prof. Maíra Isabel Lima Ramos  
DTA/UFMS

Depto. de Tecnologia de Alimentos e S. Pública - Coordenação do Controle de Qualidade - Setor Alimentos  
Fone/Fax 3345-7400 - Cidade Universitária - Caixa Postal 549 - CEP 79070-900 - Campo Grande - MS.

## ANEXO E

### Resultado dos Microbiológicos



## LAUDO TÉCNICO

**Interessado:** Núbia Gonçalves da Paixão Eneterio, mestranda do Departamento de Hidráulica e Transporte da UFMS  
**Endereço:** Rua Ouvidor, 858, Jardim Anely, Campo Grande-MS. **Fone:** 92025984  
**Natureza do material e condições de embalagem:** Amostras de água de poço coletadas pelo interessado em 11.03.08, em frascos estéreis e identificadas pelo número do poço.

**Análise(s) solicitada(s):** microbiológicas

**Registro n°:** 050 a 053/2008

**Data de recebimento:** 11.03.2008

**Data de emissão:** 25.03.2008


### RESULTADOS:

|  | AMOSTRAS*              |                        |                       |
|--|------------------------|------------------------|-----------------------|
|  | 050                    | 051                    | 053                   |
| Coliformes totais (NMP/mL).....                    | >1,1 x 10 <sup>2</sup> | 2,1 x 10 <sup>1</sup>  | 1,1 x 10 <sup>2</sup> |
| Coliformes fecais (NMP/mL).....                    | >1,1 x 10 <sup>2</sup> | 4,3 x 10 <sup>0</sup>  | 1,1 x 10 <sup>2</sup> |
| Contagem de bactérias heterotróficas (UFC/mL)..... | 2,5 x 10 <sup>5</sup>  | 2,8 x 10 <sup>4</sup>  | 1,6 x 10 <sup>3</sup> |
| Contagem de bactérias proteolíticas (NMP/mL).....  | >1,1 x 10 <sup>2</sup> | >1,1 x 10 <sup>2</sup> | 1,1 x 10 <sup>2</sup> |
| Clostrídio Sulfito Redutor (UFC/mL).....           | 6,5 x 10 <sup>0</sup>  | 4,3 x 10 <sup>0</sup>  | 2,0 x 10 <sup>0</sup> |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (NMP/mL).....        | 1,1 x 10 <sup>2</sup>  | 0,4 x 10 <sup>0</sup>  | 2,3 x 10 <sup>0</sup> |
| Enterococos (NMP/mL).....                          | 2,1 x 10 <sup>1</sup>  | 9,3 x 10 <sup>0</sup>  | 2,1 x 10 <sup>0</sup> |

\*Amostras 050 = Amostra 8; 051 = Amostra 10; 052 = Amostra 13; 053 = Amostra 14

Estes resultados têm valor restrito às amostras analisadas, sendo vedado seu uso para fins de propaganda.

### RESPONSÁVEIS:

  
Prof. Maria Isabel Lima Ramos  
DTA/UFMS