

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM ÁREAS DE CEMITÉRIOS. REGIÃO DE CUIABÁ – MT

GROUNDWATER QUALITY IN CEMETERIES AREA IN CUIABÁ – MT

Renato Blat Migliorini¹; Zoraidy Marques de Lima² e Liliana Victorino Alves Corrêa Zeilhofer²

Recebido em: 03/06/2005, aceito em: 14/06/2006

RESUMO Esta pesquisa descreve os resultados das análises físico-químicas, químicas e bacteriológicas realizadas nas águas subterrâneas do Cemitério Municipal São Gonçalo e do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá que estão localizados na região metropolitana de Cuiabá - MT. Este trabalho tem por objetivo estudar os impactos gerados pela localização de cemitérios em meio urbano, particularmente no que diz respeito às águas subterrâneas. Para isso foram obtidas amostras de água em poços de monitoramento construídos na área dos cemitérios. Os resultados das análises bacteriológicas, físico-químicas e químicas permitiram as seguintes conclusões: 1. Não foi comprovado, a contaminação das águas subterrâneas dos dois cemitérios por produtos nitrogenados (nitrato, nitrito e amônia) e por metais; 2. A presença dos cemitérios contribuiu para aumentar a condutividade elétrica das águas subterrâneas dos dois cemitérios, que têm sua origem mais provável no necrochorume, que aumentou o teor de sais dissolvidos nas águas subterrâneas; 3. De uma maneira geral, os cemitérios contribuíram para aumentar a concentração de sólidos totais dissolvidos nas águas subterrâneas, sugerindo que o necrochorume aumentou a concentração de minerais nas águas; 4. Foi detectada a presença de *Salmonella* nas águas subterrâneas dos dois cemitérios. São enfatizados no trabalho os riscos de saúde pública representados pela contaminação das águas subterrâneas de áreas de cemitérios.

Palavras chave: cemitério, contaminação, água subterrânea, Mato Grosso.

ABSTRACT This research describes the results of physicochemical, chemical and bacterium analyses of two cemeteries in Cuiabá metropolitan area: São Gonçalo and Parque Bom Jesus. The aim of this work is to investigate the environmental impacts on the groundwaters due to the location of cemeteries in urban areas. Periodical water samples were analysed from wells implanted in the cemeteries areas. The results of the physicochemical, bacterium and chemical analyses allowed to conclude that: 1. Groundwater in that specific cemeteries do not show high concentrations of nitrogen compound (nitrate, nitrite and ammonia) and metals. 2. The presence of the cemeteries contributed to elevate the electric conductivity in the groundwaters which is probably due to the process of corpse decomposition “necrochorume”, which increases the concentration of dissolved salts in the groundwaters. 3. The cemeteries contribute to elevate the total ion concentrations (total dissolved solids) in the groundwaters, suggesting the “necrochorume” influence to the increase of mineral concentration. 4. The presence of *Salmonella* in the groundwaters of the two cemeteries was also detected. The data obtained in this study emphasize the danger to human health represented by the contamination of groundwaters in areas of cemeteries.

Keywords: cemetery, contamination, groundwater, Mato Grosso.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A localização de cemitérios deveria ocorrer, preferencialmente, em áreas afastadas dos centros urbanos. Em cidades maiores, 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.

Considerando que na construção da maioria destes cemitérios não foram levados em conta estudos geológicos, hidrogeológicos e de saneamento os mesmos podem constituir-se em um alto potencial de risco de contaminação para as águas subterrâneas.

Em Mato Grosso, os cemitérios, em sua grande maioria, são construídos sem nenhum estudo geológico e hidrogeológico prévio. Segundo o jornal FOLHA DO ESTADO (2002),

a Central Municipal de Serviços Funerários Cristiano Garcia da Prefeitura Municipal de Cuiabá descobriu a existência de 26 cemitérios clandestinos em Cuiabá e distritos vizinhos, sendo que este número supera em três vezes o número de cemitérios que operam oficialmente, aumentando assim, os riscos de uma potencial contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

Certamente, a maioria das cidades brasileiras sofre com este problema, mesmo sem a comprovação científica. Em face a esta realidade, este trabalho visa contribuir para o conhecimento das reais implicações dos cemitérios na contaminação das águas subterrâneas, realizando um estudo de caso dos aspectos químicos, físico-químicos e bacteriológicos das águas subterrâneas de dois cemitérios.

¹ Departamento de Geologia Geral da Universidade Federal de Mato Grosso.

² Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso.

Desta forma o trabalho tem o objetivo de investigar através de análises físico-químicas, químicas e bacteriológicas, indicadores de contaminação das águas subterrâneas de áreas de cemitérios; interpretar os resultados obtidos levando em conta a geologia e a hidrogeologia local, como também, fatores ligados ao próprio cemitério, especialmente a presença de corpos em decomposição e finalmente avaliar e discutir os resultados obtidos em termos de risco para a saúde pública.

CARACTERÍSTICAS DA GEOLOGIA E DA HIDROGEOLOGIA

A geologia da região de Cuiabá e Várzea Grande faz parte do Grupo Cuiabá. Esta unidade litoestratigráfica, descrita inicialmente por Evans (1.984) como *Cuyiaba Slates*, constitui, juntamente com os granitóides do tipo São Vicente, o Domínio Tectônico Interno do Cinturão de Dobramentos Paraguai. Esta unidade, caracterizada como um expressivo conjunto metassedimentar, constituído por metarenitos, metargilitos, metadiamicititos, metarcósios, filitos sericíticos, filitos carbonosos, além de formações ferríferas, calcários e margas, apresenta-se universalmente metamorfisada na fácies xisto-verde (LUZ et al., 1980).

Na região de Cuiabá, o Grupo Cuiabá, expõe-se pela Formação Miguel Sutil e Formação Rio Coxipó (MIGLIORINI, 1999) e na área dos dois cemitérios verificamos que o Grupo Cuiabá expõe-se pelos Metadiamectitos com matriz argilosa da Formação Rio Coxipó. Este conjunto litológico corresponde a metadiamicititos maciços, cinza esverdeado a amarelados, com matriz argilo-siltosa, micácea, em parte feldspática, que suporta fragmentos centimétricos a métricos, de composição muito diversificada (granitos, xistos, quartzitos, anfíbolitos, gnaisses, arenitos, filitos, quartzo, etc.) e formato prolato resultante do achatamento regional provocado pela deformação. Uma marcante fissilidade, conferida principalmente pela foliação penetrativa do tipo xistosidade, caracteriza esses diamicititos de matriz argilo-siltosa. Camadas tabulares e lentes de metarenitos quartzosos de granulação fina a média, de cor cinza esbranquiçada, com estratificação plano-paralela e maciços, ocorrem intercaladas aos metadiamicititos (MIGLIORINI, 1999).

O sistema aquífero na região dos cemitérios é composto por duas unidades aquíferas: uma unidade porosa e granular sobreposta a uma unidade maciça e fraturada.

A unidade porosa e granular, está associada às formações superficiais (tratam-se de solos e manto de alteração das rochas de vários metros de espessura). Nesta unidade o aquífero é do tipo livre, homogêneo e isotrópico.

Esse meio poroso, de um lado favorece bastante as taxas de recarga pela precipitação meteórica e de outro representa uma barreira físico-químico-biológica conveniente contra as ações contaminadoras a partir da superfície.

A unidade maciça e fraturada mais profunda trata-se dos metadiamicititos com matriz argilosa da Formação Rio Coxipó. De um modo geral, caracteriza-se pela ausência de espaços intergranulares (poros) na rocha e a água subterrânea encontra-se armazenada em zonas de descontinuidades do maciço rochoso (fissuras, fraturas, juntas e falhas). Nesta unidade o aquífero é do tipo livre, heterogêneo e anisotrópico.

É importante observar que neste trabalho foram estudadas as águas subterrâneas mais superficiais, isto é, as águas da unidade porosa e granular. Com exceção do PM-08 do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, que é um poço tubular profundo o qual atinge, desta maneira, as águas subterrâneas mais profundas armazenadas no maciço rochoso.

METODOLOGIA

Os cemitérios escolhidos para a pesquisa foram: Cemitério Municipal São Gonçalo e Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá. O Cemitério Municipal São Gonçalo localiza-se a sudeste da cidade de Cuiabá (MT), no Bairro São Gonçalo, rua Projetada s/n. Está em funcionamento desde 1995 e possui uma área de 22.610 m². São sepultados, em média, 20 adultos e 30 crianças por mês. O Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá também se localiza a sudeste da Cuiabá (MT), no Bairro Parque Cuiabá, na Rodovia Cuiabá/Santo Antônio Km 3,5. Está em funcionamento desde 1977 e possui uma área de aproximadamente 290.920 m². São sepultadas, aproximadamente, 160 pessoas por mês. Os dois cemitérios localizam-se a uma distância de aproximadamente 750 m um do outro.

Antes de construir os poços de monitoramento foi realizado um estudo geofísico nos cemitérios. Para se estimar a profundidade do nível da água e a espessura do pacote sedimentar foi utilizado o método da eletrorresistividade (sondagem elétrica). Para delimitar a pluma de contaminação, foi utilizado o método eletromagnético indutivo (caminhamento elétrico).

Para a realização das coletas da água do subsolo, foram construídos poços de monitoramento em pontos estratégicos determinados por trabalhos no campo e pelo estudo geofísico, também foi utilizado um poço tubular profundo já existente no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, que é utilizado pela administração local para consumo humano.

Na construção dos poços de monitoramento foram executados furos com trado manual de 75 mm de diâmetro. Os poços foram construídos com tubos de PVC com diâmetro de 60 mm e com ranhuras de aproximadamente 2 mm no último metro (seção filtrante). A seção filtrante foi envolta com tela de material inerte (*nylon*) para diminuir a infiltração de sedimentos. A extremidade inferior do tubo de PVC foi fechada com tampa de PVC rosqueada evitando o uso de cola, que poderia alterar a composição química da água. O espaço anelar entre o tubo de PVC e o furo foi preenchido com areia até 50 cm acima da seção filtrante, a qual vai fazer o papel de pré-filtro. Acima da areia introduziu-se bentonita para impedir a infiltração de águas superficiais. Acima da bentonita foi introduzido o próprio material retirado do furo. Por fim, foram feitos selos sanitários de concreto na superfície em volta da boca do poço (MIGLIORINI, 1994).

Os poços de monitoramento foram desenvolvidos por bombeamento. O bombeamento foi realizado com o mesmo coletor de água usado nas amostragens, o qual é constituído de aço inoxidável e com uma válvula de retenção.

As amostras de água subterrânea foram coletadas quinzenalmente, uma semana para cada cemitério. Nas sextas-feiras eram medidos o nível da água e os poços de monitoramento eram esgotados, para que a amostra de água fosse representativa.

As coletas foram realizadas nas segundas feiras. O período de amostragem abrangeu uma estação sazonal seca (em 2002) e duas chuvosas (em 2002 e 2003).

As coletas, preservação, armazenamento e transporte foram realizados de acordo as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Cuidou-se também de não transferir a contaminação de um poço de monitoramento para outro. Desta maneira, havia um coletor para cada ponto de amostragem. Após cada trabalho de campo, em no laboratório, o coletor de água era flambado e desinfetado com álcool iodado e água destilada.

Além do uso de luvas, evitou-se também que o equipamento entrasse em contato com o solo.

Em cada amostragem foram medidos e analisadas as seguintes variáveis: temperatura do ar e da água, pH, condutividade elétrica, alcalinidade, fósforo, sólidos totais dissolvidos (STD), nitrato, nitrito, amônia, sulfato, silício, potássio, sódio, manganês, ferro, zinco, cromo, chumbo, cádmio, coliformes termotolerantes, coliformes totais, *Salmonella sp* e *Escherichia coli*.

Com relação aos valores máximos permitíveis para o consumo humano (VMP), foi utilizada como referência a Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), que define padrões de potabilidade da água para consumo humano.

Análises Físico-Químicas: o pH, temperatura da água e do ar, alcalinidade e condutividade elétrica foram medidos no campo. As determinações de fósforo e de sólidos totais dissolvidos foram realizadas no Laboratório de Físico-Química do Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Análises Bacteriológicas: as análises bacteriológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Sanitária e Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária da UFMT.

Análise dos Metais e Elementos Menores: a análise dos metais, (K, Na, Mn, Fe, Zn, Cr, Pb e Cd), foram realizadas no Laboratório de Análise de Metais Pesados do Departamento de Química da UFMT.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Antes de discutir os resultados torna-se necessário esclarecer que, para servir de controle (*background*), isto é, valor de branco, foi utilizado o PM-01 no Cemitério Municipal São Gonçalo e o PM-04 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá (pois foram construídos a montante da pluma de contaminação). E que todos os poços de monitoramento estão atingindo águas do freático, isto é, águas subterrâneas pouco profundas, com exceção do poço de monitoramento PM-08 do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá que é um poço tubular profundo que já existia no cemitério.

Potássio (K⁺)

A Portaria Nº 518 (BRASIL, 2004) não limita valores ao potássio. Nos dois cemitérios estudados, o potássio apresentou concentrações baixas (Figura 1), ao redor de 0,3 a 4,6 mg/L, com média de 2,0 mg/L. Este cátion se manteve relativamente constante por poço de

monitoramento durante o período de pesquisa.

Todos os valores estão dentro do padrão esperado em águas subterrâneas. No Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá as maiores concentrações estão no PM-01 e no PM-08. O PM-01 está localizado em região de cota topográfica baixa, para onde flui grande quantidade de água subterrânea. O PM-08, além de se encontrar em região de cota topográfica baixa, é um poço tubular profundo que capta águas em maiores profundidades.

Observa-se no Cemitério Municipal São Gonçalo (Figura 2) uma concentração maior de potássio no PM-02 e no PM-03, ambos no dia 15/4/02.

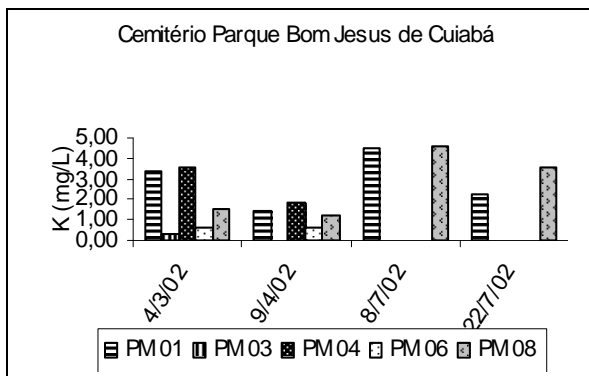


Figura 1- Teor de Potássio nas amostras de água do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá
Figure 1- Potassium content in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

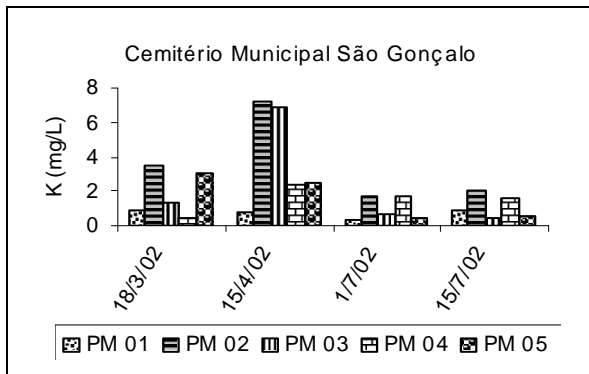


Figura 2- Teor de Potássio nas amostras de água do Cemitério Municipal São Gonçalo.
Figure 2- Potassium content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

Sódio (Na⁺)

Nos cemitérios estudados o sódio apresentou baixas concentrações, normalmente entre 0,2 e 5,0 mg/L, com média de 4,58 mg/L. Estes valores estão bem abaixo dos valores máximos recomendados para consumo humano (VMP) da Portaria N° 518, que é de 200 mg/L. As concentrações permanecem relativamente estáveis durante o período de monitoramento.

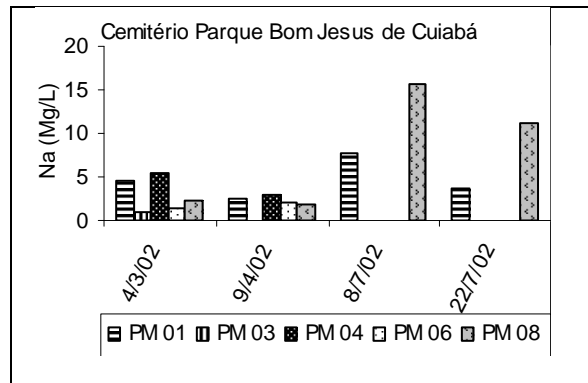


Figura 3- Teor de Sódio nas amostras de água do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá
Figure 3- Sodium content in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

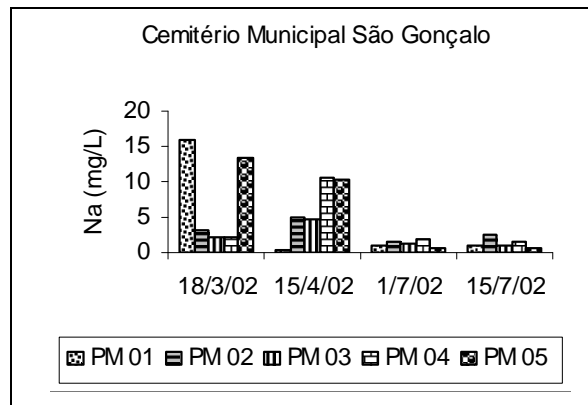


Figura 4- Teor de Sódio nas amostras de água do Cemitério Municipal São Gonçalo.
Figure 4- Sodium content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

Manganês (Mn)

Os resultados encontrados para manganês variaram de <0,010 a 0,217 mg/L, com média de 0,084 mg/L. Assim, apresentou normalmente concentração abaixo do VMP para o consumo humano, que é de 0,1 mg/L, com exceção de cinco amostras com as seguintes concentrações, 0,133 mg/L, no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá (Figura 5) e 0,158, 0,154, 0,217 e 0,163 mg/L no Cemitério Municipal São Gonçalo (Figura 6). Embora a concentração destas amostras não esteja elevada, sugerem provir da formação geológica, pois as águas subterrâneas do Grupo Cuiabá, apresentam teores elevados de ferro (MIGLIORINI, 1999) e estes freqüentemente aparecem associados ao manganês.

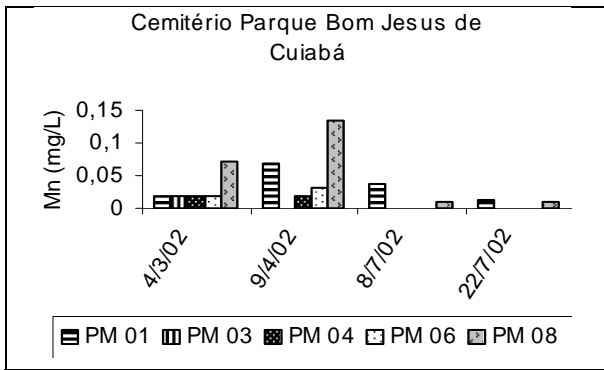


Figura 5- Teor de Manganês nas amostras de água do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.
 Figure 5- Manganese content in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

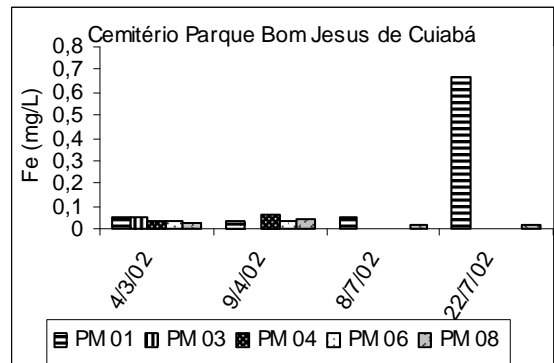


Figura 7- Teor de Ferro nas amostras de água do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.
 Figure 7- Iron content in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

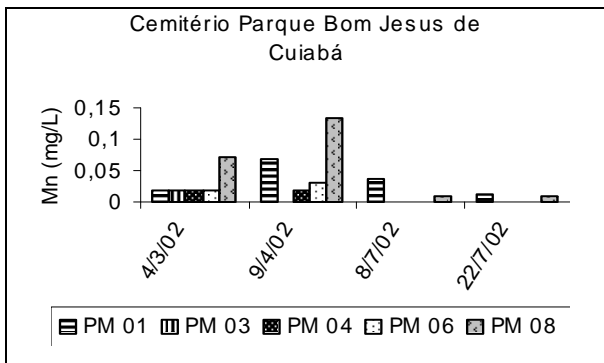


Figura 6- Teor de Manganês nas amostras de água do Cemitério Municipal São Gonçalo.
 Figure 6- Manganese content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

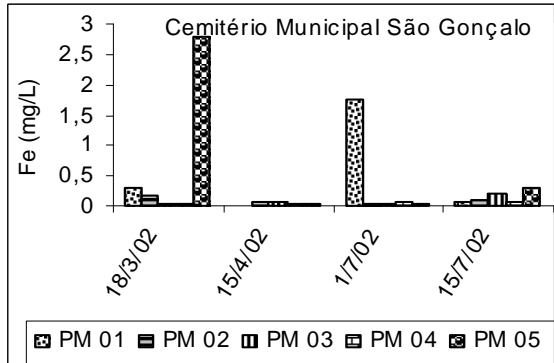


Figura 8- Teor de Ferro nas amostras de água do Cemitério Municipal São Gonçalo.
 Figure 8- Iron content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

Ferro (Fe).

As amostras obtidas na pesquisa apresentaram, no geral, baixas concentrações de ferro. Os teores encontrados ficaram entre <0,020 e 2,248 mg/L, com média de 0,248 mg/L. No entanto, três amostras, uma no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá (Figura 7) e duas no Cemitério Municipal São Gonçalo (Figura 8), apresentaram concentração acima do VMP para o consumo humano, que é de 0,3 mg/L. Estes três valores discrepantes não parecem estar associados ao cemitério por duas razões: a primeira é que um deles foi amostragem em poço de *background*, e a segunda razão é que as águas subterrâneas do Grupo Cuiabá, normalmente apresentam concentrações anômalas de ferro, devido as piratas disseminadas tanto nos filitos como nos diamictitos, além das crostas de laterita, muito comuns na região.

Zinco (Zn²⁺)

Nos cemitérios (Figuras 9 e 10) estudados a concentração de zinco variou de <0,016 a 0,097 mg/L, com média de 0,020 mg/L, muito abaixo do VMP para o consumo humano, que é de 5 mg/L. Os valores se apresentaram aproximadamente homogêneos durante o período de amostragem.

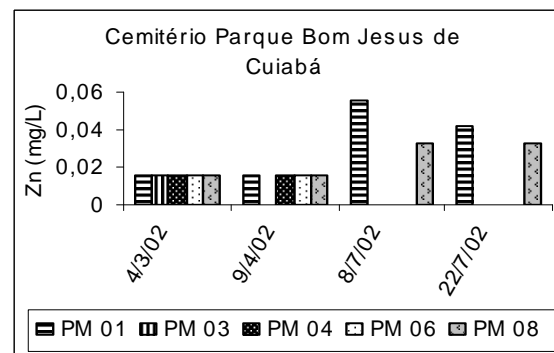


Figura 9- Teor de Zinco nas amostras de água do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.
 Figure 9- Zinc content in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

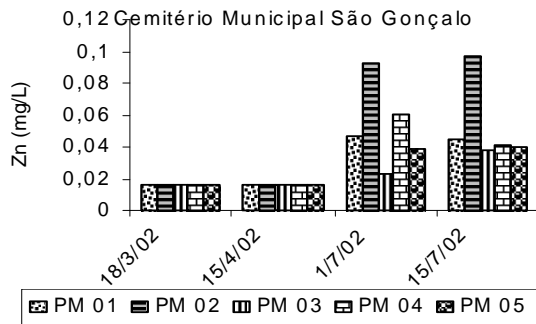


Figura 10- Teor de Zinco nas amostras de água do Cemitério Municipal São Gonçalo.
 Figure 10- Zinc content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

Cromo (Cr)

O cromo apresentou baixas concentrações durante o monitoramento, variando de <0,02 a <0,05 mg/L. Sempre abaixo do VMP para o consumo humano, que é de 0,05 mg/L (Figuras 11 e 12).

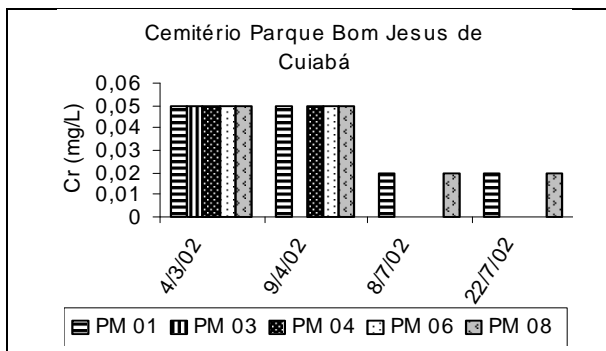


Figura 11 - Teor de Cromo nas amostras de água do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.
 Figure 11 - Chromium content in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

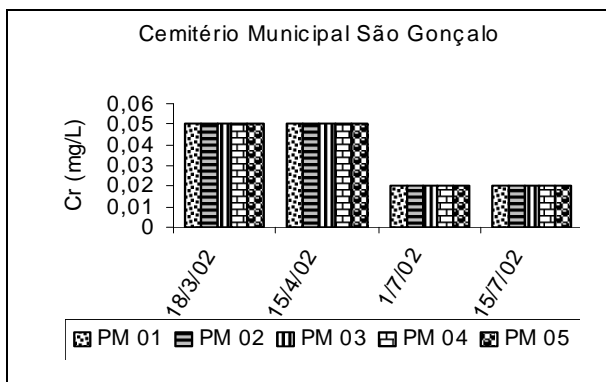


Figura 12 - Teor de Cromo no Cemitério Municipal São Gonçalo.
 Figure 12- Chromium content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

Chumbo (Pb)

Todas as amostras analisadas apresentaram baixa concentração de chumbo (<0,05 mg/L). É interessante observar, que o limite de detecção do método empregado para detectar este metal é maior que o VMP para o consumo humano que é de 0,01 mg/L, desta maneira, não temos certeza se existe alguma amostragem acima do VMP. Observa-se também, que as amostras apresentam-se com concentrações homogêneas durante o período de amostragem (Figuras 13 e 14).

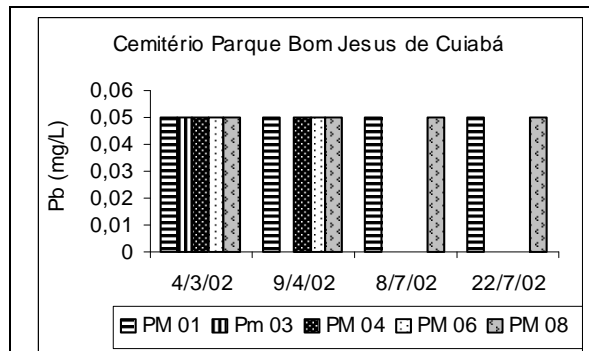


Figura 13- Teor de Chumbo nas amostras de água do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.
 Figure 13-Lead content in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

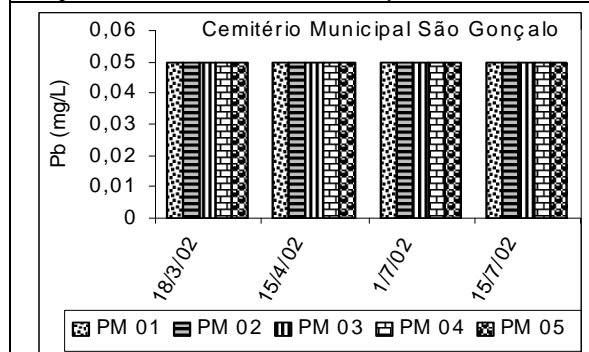


Figura 14 - Teor de Chumbo nas amostras de água do Cemitério Municipal São Gonçalo.
 Figure 14 - Lead content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

Cádmio (Cd)

Verifica-se que as amostras dos poços de monitoramento apresentaram teores de <0,001 a 0,025 mg/L, com média de 0,0065 mg/L. Observa-se que 14 amostras apresentaram concentração acima do VMP para o consumo humano, que é de 0,005 mg/L. Observa-se também, que o poço de monitoramento 01 (poço de *background*), apresenta em duas ocasiões teores de cádmio acima do VMP para o consumo humano, indicando assim, que os teores elevados de cádmio pode ter como origem a formação geológica e não do cemitério (Figuras 15 e 16).

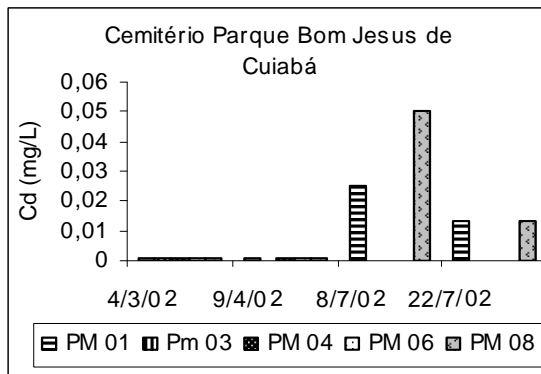


Figura 15- Teor de Cádmiu no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.

Figure 15- Cadmium content in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

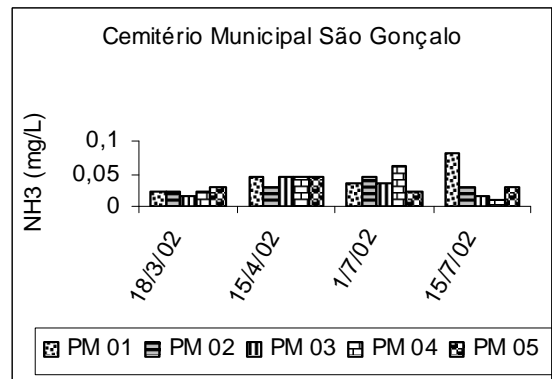


Figura 18- Teor de Nitrato no Cemitério Municipal São Gonçalo.

Figure 18- Nitrate content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

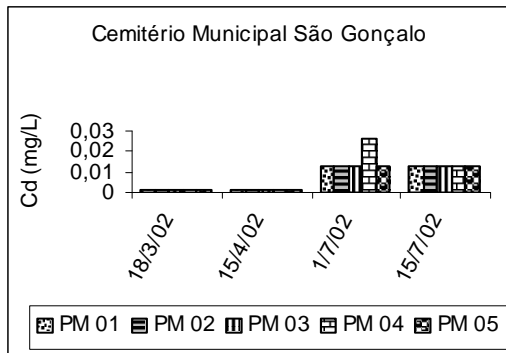


Figura 16- Teor de Cádmiu no Cemitério Municipal São Gonçalo.

Figure 16- Cadmium content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

Nitrito (NO₂⁻)

Os teores de nitrito também foram baixos nos dois cemitérios (Figuras 19 e 20). As concentrações variaram de <0,010 a 0,099 mg/L, com média de 0,025 mg/L. Todas as amostras apresentaram concentrações abaixo do VMP para o consumo humano e não indicam contaminação nas águas subterrâneas.

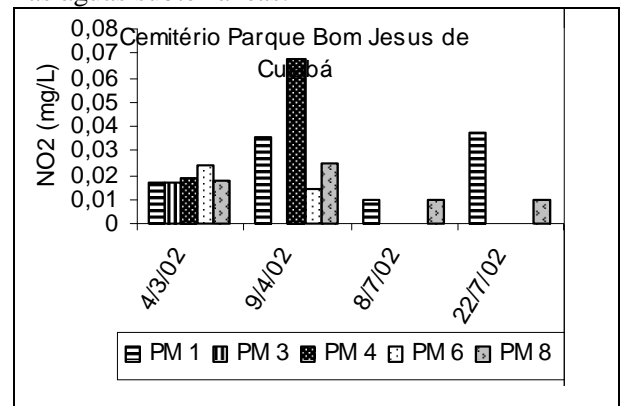


Figura 19- Teor de Nitrito no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.

Figure 19- Nitrite content in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

Nitrato (NO₃⁻)

Os teores de nitrato nos cemitérios estudados foram sempre abaixo do VMP, variando de <0,020 a 2,946 mg/L, com média de 1,026 mg/L. Indicando, desta maneira, que os cemitérios não estão contaminando as águas subterrâneas com este produto nitrogenado (Figuras 17 e 18).

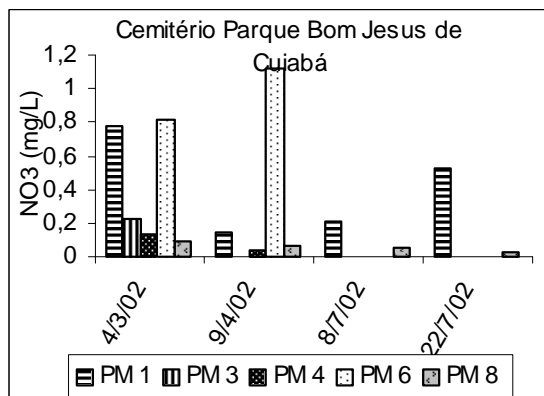


Figura 17- Teor de Nitrato no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.

Figure 17- Nitrate content in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

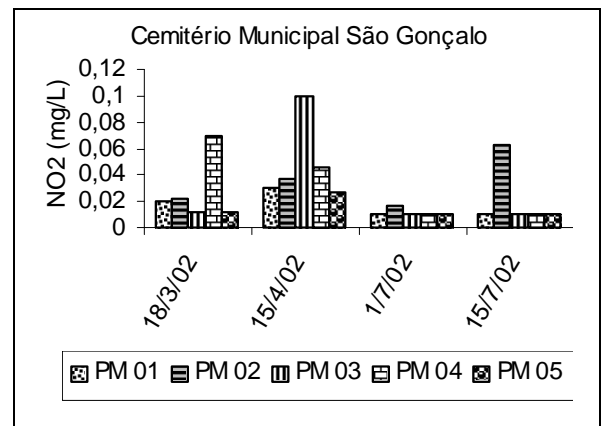


Figura 20- Teor de Nitrito no Cemitério Municipal São Gonçalo.

Figure 20- Nitrite content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

Amônia (NH₃)

As concentrações de NH₃ nos cemitérios (Figuras 21 e 22) variaram de <0,005 a 0,089 mg/L, com média de 0,033 mg/L. Em todas as amostras as concentrações de amônia estão abaixo do VMP para o consumo humano que é de 1,5 mg/L.

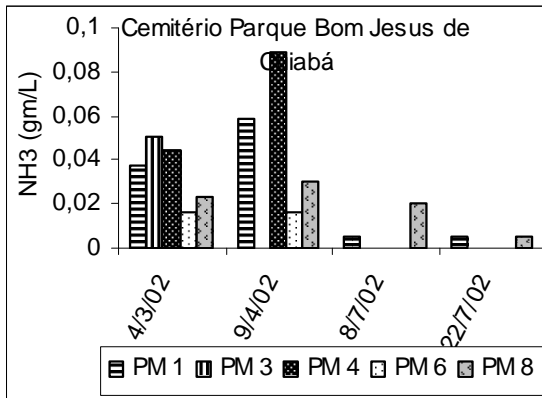


Figura 21 - Teor de Amônia no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Figure 21 - Amonium content in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

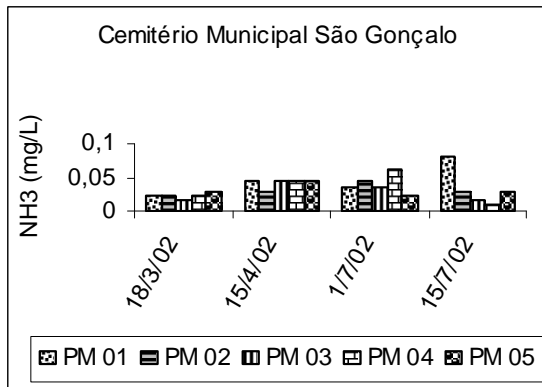


Figura 22- Teor de Amônia no Cemitério Municipal São Gonçalo.

Figure 22- Amonium content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

Sílica (SiO₂)

Os teores de sílica nos cemitérios estudados (Figuras 23 e 24) variaram de 0,102 a 10,148 mg/L, com média de 5,858. São teores normais nas águas subterrâneas das rochas do Grupo Cuiabá. A Portaria N° 518 não limita valores ao silício pois não prejudica à saúde nem à agricultura, porém é prejudicial nas indústrias, pois forma incrustações, principalmente em caldeiras. Nota-se que o poço tubular profundo PM-08, do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, apresenta os maiores teores de sílica. Provavelmente, seja resultado de sua maior profundidade, onde as águas subterrâneas têm maior tempo de contato com a formação geológica.

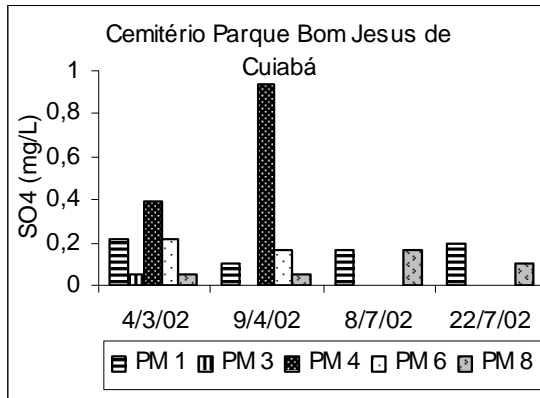


Figura 23: Teor de Sílica no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.

Figure 23 - Silica content in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

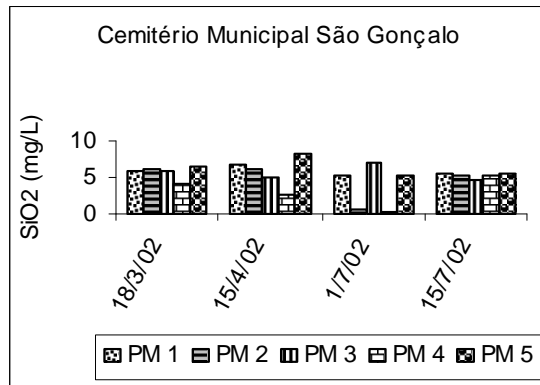


Figura 24- Teor de Sílica no Cemitério Municipal São Gonçalo.

Figure 24- Silica content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

pH

Os valores de pH dos cemitérios estudados (Figuras 25 e 26) mostra que o mesmo variou de 3,51 a 7,98, com média de 5,36. É interessante observar que os valores de pH mostram tendência ácida para as águas subterrâneas dos dois cemitérios, com exceção do PM-08, que é o poço tubular do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, onde o pH é neutro. Também é interessante observar que, das 125 medidas de pH, somente 24 estão dentro do VMP para o consumo humano no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá e nenhuma amostra está dentro do VMP no Cemitério Municipal São Gonçalo. Esta tendência ácida para as águas subterrâneas não deve estar relacionada com a presença de corpos em decomposição, visto que os poços de *background* também apresentam pH com tendência ácida. Observa-se também, que os valores de pH permanecem relativamente homogêneos durante o período de monitoramento.

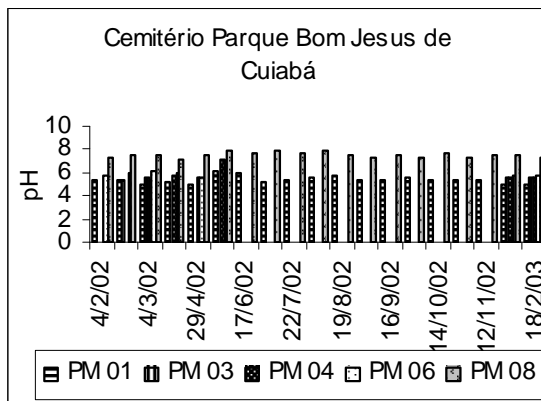


Figura 25- pH no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.

Figure 25- Values of pH in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

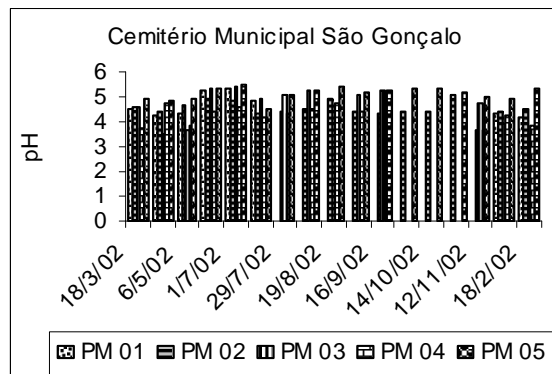


Figura 26- pH no Cemitério Municipal São Gonçalo.

Figure 26- Values of pH content in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

Condutividade Elétrica

Os valores de condutividade elétrica variaram de 13 a 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com média de 98,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nota-se que os valores de condutividade elétrica para cada poço de monitoramento são relativamente homogêneos para as diversas épocas do ano. Observa-se ainda, que PM-08 (poço tubular profundo do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá) destaca-se dos demais por apresentar os maiores valores de condutividade elétrica. Isto provavelmente se deve a sua maior profundidade, onde as águas subterrâneas tiveram mais tempo de contato com a formação geológica, aumentando assim a concentração de sólidos dissolvidos. Outro fator que provavelmente aumentou a condutividade elétrica no poço tubular profundo, é o fato que este quando bombeado provoca um gradiente hidráulico ao seu redor. Este gradiente hidráulico irá bombear águas mais distantes, aumentando assim, a concentração de sólidos dissolvidos provenientes tanto da formação geológica como do necrochorume. Observa-se também, que de uma maneira geral, os poços de *background* apresentam valores de condutividade elétrica menores que os demais, sugerindo assim, que os

cemitérios aumentaram as concentrações de sais dissolvidos nas águas subterrâneas (Figuras 27 e 28).

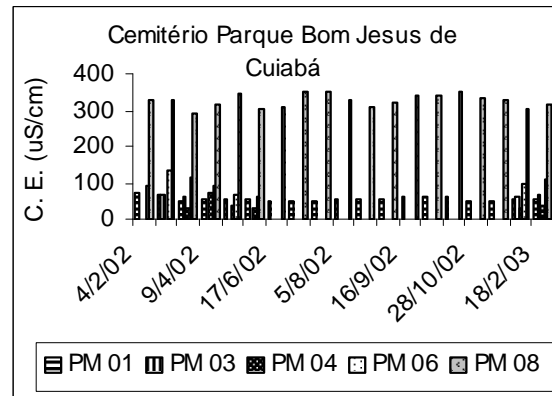


Figura 27- Condutividade Elétrica no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.

Figure 27- Electrical conductivity of groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

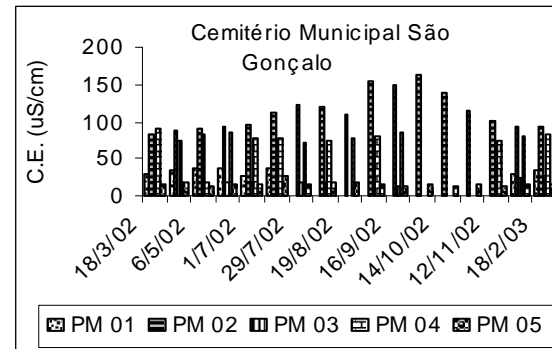


Figura 28- Teor da Condutividade Elétrica no Cemitério Municipal São Gonçalo.

Figure 28- Electrical conductivity of groundwater samples from São Gonçalo cemetery

Sulfato (SO_4^{2-})

Os teores de sulfato nos cemitérios estudados foram baixos, variando de $<0,054$ a $4,913$ mg/L e média de $0,336$ mg/L . As concentrações foram todas bem abaixo do VMP para o consumo humano, que é de 250 mg/L . É interessante observar que nos dois cemitérios os teores mais altos de sulfato foram detectados em poço de *background*.

Fluoreto (F^-)

Nos cemitérios estudados os teores de fluoreto nas águas subterrâneas foram baixíssimos, nunca ultrapassando o limite de detecção do método empregado ($<0,001$) e muito menos o VMP para o consumo humano que é de $1,5$ mg/L .

Alcalinidade

Os valores de alcalinidade são baixos, variando de 0 a $40,4$ mg/L de CaCO_3 , com média

de 7,9 mg/L de CaCO₃. Observa-se que os valores de alcalinidade são mais baixos no Cemitério Municipal São Gonçalo. É interessante observar, que a alcalinidade também aumenta com a profundidade, visto que os teores são mais elevados no poço tubular profundo (PM-08) do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.

Fosfato (PO₄³⁻)

A portaria 1.469 não limita valores ao fosfato. Nos cemitérios estudados, os teores de fosfato nas águas subterrâneas foram baixos, variando de <0,005 a 0,025 mg/L e média de 0,0098 mg/L.

Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Verifica-se que as concentrações de STD variam de 6 a 206 mg/L com média em 56,7 mg/L. Nota-se que os valores de STD para cada poço de monitoramento são relativamente homogêneos para as diversas épocas do ano. Observa-se ainda, que o PM-08 (poço tubular profundo do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá) destaca-se dos demais por apresentar os maiores valores de STD. Como já foi explicado na condutividade elétrica, isto provavelmente se deve a sua maior profundidade, onde as águas subterrâneas têm maior tempo de residência, além de atingir o necrochorume em maiores distâncias, aumentando assim a concentração de minerais. Observa-se também, que de uma maneira geral, os poços de *background* apresentam valores de STD menores que os demais, sugerindo assim, que os cemitérios aumentam as concentrações de minerais nas águas subterrâneas. É interessante observar, que em todas as amostragens, as concentrações de STD foram muito mais baixas que o VMP para o consumo humano (Figuras 29 e 30).

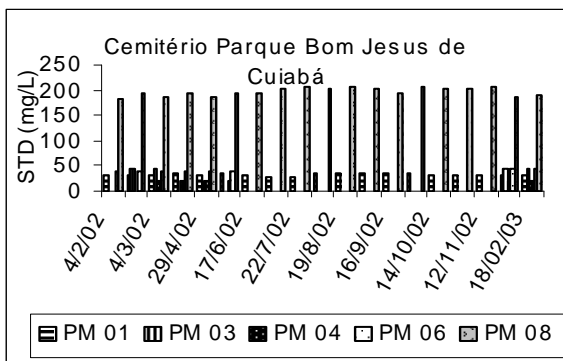


Figura 29- Teor de Sólidos Totais Dissolvidos no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.

Figure 29- Total dissolved solids in groundwater samples from Parque Bom Jesus de Cuiabá cemetery

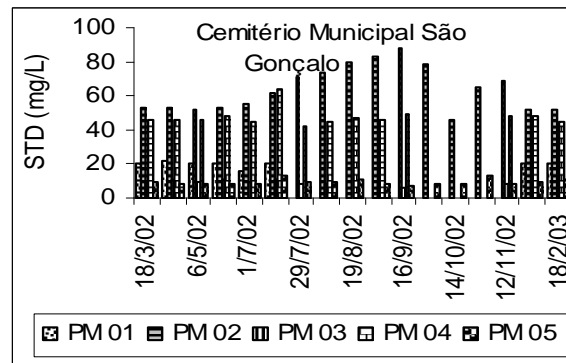


Figura 30- Teor de Sólidos Totais Dissolvidos no Cemitério Municipal São Gonçalo.

Figure 30- Total dissolved solids in groundwater samples from São Gonçalo cemetery

Temperaturas da água subterrânea e do ar

Verificou-se que a temperatura da água subterrânea variou de 22 a 320 C, com média de 28,70 C. Observou-se também, que a temperatura da água no PM-08 (poço tubular profundo), mantém a mesma ordem de grandeza que a temperatura da águas nos demais poços de monitoramento. Isto mostra, que a temperatura das águas subterrâneas não estão sendo alteradas significativamente pela profundidade. Verificou-se que a temperatura do ar variou de 21 a 390 C, com média de 30,30 C.

Coliformes Totais

No Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá a variável Coliformes totais (NCMF/100 ml) apresentou concentração máxima de 5.900 no PM-01 e mínima de <1. Observa-se que neste Cemitério o PM-01 apresentou as maiores concentrações, isto se deve à sua localização, visto que o mesmo foi locado em cota topográfica baixa, região onde se concentra o fluxo das águas subterrâneas. Ainda no mesmo cemitério, a determinação de coliformes totais pela técnica de tubos múltiplos evidenciou concentração com máximo de 2,4x10⁶ no PM-08 e mínimo de <2. O poço de monitoramento PM-08 apresenta em uma amostragem concentração anômala. Este poço também se encontra em cota topográfica baixa, provavelmente tem problemas construtivos, pois é um poço tubular profundo.

No Cemitério Municipal São Gonçalo os Coliformes totais (NCMF/100 ml) apresentaram concentração máxima de 17.600 no PM-05 e mínima de <1. O PM-05 apresentou uma concentração anômala no dia 11/2/03, isto provavelmente se deve ao ciclo de sepultamento dos corpos, sendo os de sepultamento recente as maiores fontes de produção de Coliformes. Ainda no mesmo cemitério os Coliformes totais

(NMP/100 ml) apresentaram concentração máxima de 79×10^4 no PM-04 e mínima de <20 . O PM-04 apresentou uma concentração anômala no dia 15/4/02, isto provavelmente se deve ao ciclo de sepultamento, onde sepulturas mais recentes possuem maiores concentrações de coliformes.

Coliformes termotolerantes

No Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá os Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) apresentaram concentração com máximo de $2,4 \times 10^6$ no PM-08 e mínimo de <20 . Observa-se que as maiores concentrações encontradas foram no PM-01 e no PM-08, como já mencionado estes dois poços de monitoramento estão localizados em regiões de cota topográfica mais baixa, regiões para onde fluem as águas subterrâneas do cemitério. O PM-08 é um poço tubular profundo, a presença de coliformes termotolerantes pode ser explicada por problemas construtivos do poço.

No Cemitério Municipal São Gonçalo os Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) apresentaram concentração máxima de 79×10^4 no PM-04 e mínima de <20 .

Escherichia coli

Nos dois cemitérios não foi evidenciado a presença de *Escherichia coli* (NCMF/100 ml), durante o período de estudo.

Salmonella

No Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá a variável *Salmonella* (NCMF/100 ml) ocorreu com máximo de 1.300 no PM-01 e mínimo de <1 . O único poço de monitoramento que apresentou concentração de *Salmonella* neste cemitério foi o PM-01, isto provavelmente se deve a sua localização em região de cota topográfica baixa.

No Cemitério Municipal São Gonçalo a variável *Salmonella* (NCMF/100 ml) apresentou concentração máxima de 3.000 no PM-02 e mínima de <1 . Todos os poços de monitoramento apresentaram em pelo menos um dia *Salmonella* neste cemitério, inclusive o PM-01 que é um poço de *background*, impossibilitando, desta maneira, a certeza de que a *Salmonella* tem como origem o cemitério.

Considerando a possibilidade do uso das águas subterrâneas para consumo, coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli* não devem ser encontradas em águas potáveis (Portaria nº 518/2004).

O exame dos resultados mostra que as condições higiênicas e sanitárias das águas

subterrâneas são consideradas insatisfatórias nos dois cemitérios.

Quanto a *Escherichia coli*, que é uma espécie do grupo coliforme, indicadora da presença de material fecal do homem ou de animais de sangue quente, não foi evidenciada em nenhuma das amostras. Este é um resultado esperado, uma vez que esta bactéria em geral tem sobrevivência curta no solo, já que é uma espécie natural da flora intestinal de animais de sangue quente. Uma eventual presença de *Escherichia coli* nos poços só poderia estar associada à decomposição de corpos recém enterrados.

É importante observar que no PM-08, que é um poço tubular profundo do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, foram encontrados coliformes totais e coliformes termotolerantes, isto provavelmente se deve a problemas construtivos do poço.

Quanto a *Salmonella*, no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, foi encontrada somente no PM-01. No Cemitério Municipal São Gonçalo a *Salmonella* foi encontrada em todos os poços de monitoramento inclusive no poço de *background*.

Bactérias Heterotróficas. No cemitério São Gonçalo foram realizadas análises nas estações amostrais: PM-02, PM-04 e PM-05, cujos resultados apresentaram números de colônias variando de $2,2 \times 10^3$; $1,4 \times 10^3$ e $1,9 \times 10^3$ (UFC/mL), respectivamente.

Os resultados para as análises das estações amostrais no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, apresentou para o PM-01, número de colônias igual a $1,0 \times 10^3$ (UFC/mL) e para o PM-08 (poço tubular), número de colônias igual a 60 UFC/mL. Ressalta-se que as demais estações amostrais nos dois cemitérios apresentavam os poços de monitoramento secos na data da coleta.

Considerando que a água do poço de monitoramento PM-04 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá utilizado como estação de controle, apresentou contagem de bactérias heterotróficas elevadas ($1,4 \times 10^3$ UFC/mL), apesar, de ter sido construído à montante da pluma de contaminação.

O resultado observado para o PM-08 (poço tubular profundo), apresentou contagem geral de bactérias heterotróficas (60 UFC/mL), dentro dos padrões higiênicos previstos na Portaria Nº 518/2004, uma vez que é utilizado para consumo humano.

Monitoramento do Nível da Água

O nível da água, ou seja, do aquífero freático, não variou significativamente durante o período de monitoramento, porém, nota-se que é

influenciado pela precipitação pluviométrica. Sendo mais rasos nas épocas de chuva e mais profundos nas épocas de estiagem, é interessante observar, que alguns poços de monitoramento chegaram a secar no período de estiagem. É bom ressaltar, que o motivo de alguns poços terem secado durante o monitoramento é que os mesmos tiveram de ser construídos na época da chuva, quando o nível da água subterrânea estava mais próximo da superfície da terra. Assim, na época de estiagem, o nível da água abaixou secando alguns poços de monitoramento. Não foi realizado a potênciometria dos cemitérios, porém, tudo indica que o fluxo da água subterrânea flui das regiões de topografia mais alta, para as regiões de topografia mais baixa.

Deve ser observado, que segundo a Resolução 335 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA, publicada em 28/05/2003 no Diário Oficial da União, recomenda que “a área de fundo das sepulturas deve manter a distância mínima de um metro e meio do nível máximo do nível da água (lençol freático)”. Nos poços PM-01, PM-03 e PM-06 do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, possuem nível da água rasos na época da chuva, chegando aflorar à superfície do terreno em março e abril. Nestas regiões não se deve sepultar corpos, pois se os mesmos estiverem abaixo do nível da água, serão saponificados. A Resolução CONAMA Nº 335 de 28/05/2003 recomenda que caso o terreno não mantenha esta distância, os sepultamentos devem ser feitos acima do nível natural do terreno.

Risco para Saúde Pública e Legislação

Os resultados mostram que os dois cemitérios não estão contribuindo significativamente em termos de risco para a saúde pública nesta região. Isto se deve provavelmente a carga de contaminação, isto é, o número de sepultamentos ainda é pequeno nestes cemitérios, dando tempo suficiente para as reações físicas, químicas e biológicas que ocorrem no subsolo modifiquem o necrochorume, tornando-os, de uma maneira geral, menos perigosos nas águas subterrâneas. Porém, não devemos esquecer, que foi detectado *Salmonella* nas águas subterrâneas dos dois cemitérios.

No Estado de Mato Grosso, não existe nos âmbitos Estadual e Municipal legislação relacionada à construção de cemitérios. No entanto, deve ser novamente observado, que no tocante a Lei Federal: Resolução 335 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA, publicada em 28/05/2003 no Diário Oficial da União, recomenda que “a área de

fundo das sepulturas deve manter a distância mínima de um metro e meio do nível máximo do nível da água (aqüífero freático)”. Nos poços PM-01, PM-03 e PM-06 do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, possuem nível da água rasos na época da chuva, chegando aflorar à superfície do terreno em março e abril. Nestas regiões não se deve sepultar corpos, pois se os mesmos estiverem abaixo do nível da água, serão saponificados.

CONCLUSÕES

Os estudos realizados nas águas subterrâneas do Cemitério Municipal São Gonçalo e do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá permitem as seguintes conclusões:

Não foi comprovado a contaminação das águas subterrâneas dos dois cemitérios por produtos nitrogenados e por metais.

A presença dos cemitérios contribuiu para aumentar a condutividade elétrica das águas subterrâneas dos dois cemitérios, que têm sua origem mais provável no necrochorume, que aumentou o teor de sais dissolvidos nas águas subterrâneas.

De uma maneira geral, os cemitérios contribuíram para aumentar a concentração de sólidos totais dissolvidos nas águas subterrâneas, sugerindo que o necrochorume aumentou a concentração de minerais nas águas subterrâneas.

Foi detectado a presença de *Salmonella* nas águas subterrâneas dos dois cemitérios.

REFERÊNCIAS

- APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Baltimore: Port City Press, 1998.
- BRASIL. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental CETESB. Norma LS.201 de 1996. **Bactérias heterotróficas**. Contagem em placas. São Paulo, 26p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 335** de 28 de maio de 2003. Define critérios mínimos para o processo de licenciamento e dá um prazo de 180 dias para que os cemitérios existentes e licenciados se adequem junto as exigências junto aos órgãos ambientais competentes, e da outras providências.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518** de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos aos controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e da outras providências.
- EVANS, J.W. **The Geology of Mato Grosso** (Particularly the region drained by the upper Paraguay); Quart. Journal Soc. London, V. 50 n. 2, p. 85 – 104, 1984.
- FOLHA DO ESTADO. **Cemitérios clandestinos em Cuiabá**, 2002
- LUZ, J.S.; OLIVEIRA, A.M.; SOUZA, J.O.; MOTTA, J.F.M.; TANNO, L.C.; CARMO, L.S.; SOUZA, N.B. **Projeto Coxipó** (Relatório Final) Goiânia, DNPM/CPRM, v. 1. 136 p., 1980..
- MIGLIORINI, R. B. **Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos**. Estudo do Cemitério Vila Formosa na Bacia Sedimentar de São Paulo. São Paulo, 1994. Dissertação (Mestrado em Hidrogeologia) Instituto de Geociências - USP.
- MIGLIORINI, R. B. **Hidrogeologia em meio urbano. Região de Cuiabá e Várzea Grande MT**. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) Instituto de Geociências - USP.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de deixar registrado agradecimentos à Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) pelo apoio financeiro.

