

Avaliação dos aspectos construtivos e vulnerabilidade das águas subterrâneas em áreas de cemitérios municipais de Curitiba (Paraná)

Constructive aspects and vulnerability of groundwater in municipal cemeteries areas in Curitiba (Paraná)

RESUMO

O presente estudo avaliou aspectos construtivos dos quatro cemitérios municipais de Curitiba (Cemitérios São Francisco de Paula, Água Verde, Boqueirão e Santa Cândida), bem como a vulnerabilidade dos aquíferos presentes nestes locais. A verificação utilizou informações dos Planos de Controle Ambiental e de visitas técnicas. A vulnerabilidade do aquífero foi analisada seguindo o método *Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata* e *Depth to groundwater table* (GOD). Entre os quatro cemitérios (32.132 jazigos), 18.014 jazigos apresentaram danos aparentes, principalmente os com acabamento convencional argamassado e sem pintura. O cemitério do Boqueirão apresentou mais danos por jazigo. O cemitério Santa Cândida ocupa a área de maior vulnerabilidade e correspondeu à maior incidência de basculamento. Ações preventivas e corretivas que garantam a estanqueidade dos jazigos, por meio de boas práticas de engenharia, bem como a fiscalização de situações críticas devem ser fortalecidas na gestão de áreas cemiteriais, para a minimização de problemas ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: cemitérios, contaminação, águas subterrâneas, Curitiba

ABSTRACT

The herein study evaluated the constructive aspects of the four municipal cemeteries in Curitiba (Cemetery São Francisco de Paula, Água Verde, Boqueirão and Santa Cândida), as well as the vulnerability of aquifers in these locations. Information from the Environmental Control Plans and from technical visits were used for verification. The aquifer vulnerability was analyzed according to the *Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata* and *Depth to groundwater table* (GOD) method. Among the four cemeteries (32,132 graves), 18,014 graves showed apparent damage, especially with conventional mortar and unpainted walls. The cemetery Boqueirão showed more damage index per grave. The cemetery Santa Candida is in the highest vulnerability area and corresponded to the highest incidence of tipping. Preventive and corrective actions to ensure the impermeability of graves, through good engineering practices, and the monitoring of critical situations should be strengthened in the cemeterial management to minimize environmental problems.

KEYWORDS: *cemeteries, contaminated groundwater, Curitiba*

Cristiane Maria Born

Mestre em Gestão Ambiental pela Universidade Positivo, UP Secretária Municipal do Meio Ambiente de Curitiba Curitiba, PR, Brasil cborn@smma.curitiba.pr.gov.br

Cíntia Mara Ribas de Oliveira

Professora do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental da Universidade Positivo, UP Curitiba, PR, Brasil cmara@up.com.br

Selma Aparecida Cubas

Professora do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental e do curso de Engenharia Civil da Universidade Positivo, UP Curitiba, PR, Brasil selmacubas@up.com.br

INTRODUÇÃO

A propagação de epidemias no final do século XVIII motivou ações político-sanitárias pelo mundo, uma vez que a decomposição natural dos corpos e os locais de sepultamentos associavam-se à contaminação da água e do ar. A individualização dos sepultamentos, em locais organizados e identificados nas periferias das cidades, surgiu na Europa, no final do século XVIII, concomitantemente à releitura do espaço urbano das cidades e à proibição de sepultamentos no interior das igrejas (FOUCALT, 2001). No Brasil, somente em 1828, foi regulamentada a legislação que proibia qualquer tipo de sepultamento em áreas urbanas e responsabilizava os municípios pelas questões sanitárias (DUARTE, 2009).

Desde então, estudos a respeito da decomposição de corpos humanos estão sendo aprofundados. Destaca-se, durante o processo de decomposição, a fase coliquativa por nela ocorrerem reações desencadeadas pela ação de enzimas microbianas, resultando na destruição dos tecidos, na produção de gases, líquidos e sais (CAMPOS, 2007). A ação conjunta de bactérias e da fauna necrófaga resulta, assim, na formação do líquido coliquativo, denominado necrochorume. Trata-se de uma solução de cor castanho-acinzentada, com densidade média de $1,23 \text{ g.cm}^{-3}$, pH entre 5 e 9, odor forte, grau variado de toxicidade e patogenicidade, constituído de 60% de água, 30% de sais minerais dissolvidos e 10% de substâncias complexas biodegradáveis (putrescina e cadaverina) (SILVA, 1998; MATOS, 2001; CAMPOS, 2007). Esta fase pode durar de seis a oito meses, e cada corpo liberar, de maneira intermitente, em torno de 30 a 40 L de necrochorume, com grande tendência de polimerização (SILVA, 1998), processo que pode ocorrer, segundo Pacheco e Batello (2000), de dois a oito anos, em razão

de variáveis geoambientais e de óbito.

Outro fator ambiental que influencia na decomposição dos corpos é a umidade, pois pode favorecer a saponificação ou a mumificação. A saponificação é um fenômeno que ocorre pelo excesso de umidade, enquanto a mumificação, em locais de baixíssima umidade. Outros fatores, que também podem contribuir para a inibição do fenômeno da decomposição natural e facilitar a mumificação, são hemorragia aguda, ingestão de arsênico e antimônio e embalsamamento (PACHECO & BATELLO, 2000); SILVA & MALAGUTTI FILHO, 2008).

Aspectos de engenharia como porosidade e falhas de fechamento das paredes e lajes dos túmulos devem ser observados na construção ou operação dos cemitérios, pois podem favorecer o carreamento de necrochorume para águas superficiais e subterrâneas, além de permitir a liberação de odor desagradável, a partir do gás sulfídrico (H_2S) e mercaptanas provenientes da degradação (PACHECO & BATELLO, 2000). Sendo assim, a avaliação da situação dos jazigos possui um caráter relevante para as questões ambientais, pois pode contribuir na identificação da correlação com a vulnerabilidade das águas subterrâneas.

Cabe destacar, ainda, que as características das construções tumulares são variadas e retratam diferenças culturais, econômicas e sociais, ao evidenciarem as fases da história da arquitetura e da religiosidade, como pode ser observado em cemitérios com mais de cem anos de existência. Independente do tipo de construção, a execução de instalações civis comuns, sujeitas, como qualquer outra edificação, a ações das intempéries e ao desgaste natural das estruturas, pode facilitar problemas decorrentes de infiltração de água da chuva e do necrochorume à água subterrânea e ao solo.

Migliorini (1994), Migliorini *et al.* (2007) e Campos (2007) enfatizam que estudos geológicos e hidrogeológicos são necessários, por serem instrumentos de avaliação do risco de contaminação a partir de cemitérios. A suscetibilidade e a vulnerabilidade do aquífero a contaminações dá-se pelo seu posicionamento espacial no meio físico, que pode facilitar o acesso a vetores químicos e microbiológicos (ROMANÓ, 2004), a partir do carreamento e lixiviação de águas superficiais infiltradas (CAMPOS, 2007). A complexidade da composição do solo pode desencadear intensas reações bioquímicas e os contaminantes podem mudar enquanto percolam o solo em suas diferentes zonas (saturada e não saturada) até atingir o aquífero freático (ENVIRONMENT AGENCY, 2004). Em suma, em áreas cemiteriais, a possibilidade de contato entre solo, água e subprodutos da decomposição dos corpos representa riscos de poluição ao ambiente.

Ao longo do tempo, os cemitérios têm adotado outras concepções de implantação e, neste contexto, a Resolução CONAMA 335/03 e suas alterações (Resolução CONAMA nº 368/06 e Resolução CONAMA nº 402/08), bem como instrumentos legais nas esferas estadual e municipal definem parâmetros para a atividade, que incluem critérios técnicos para a instalação de novos cemitérios e para ampliação e operação dos existentes.

Em Curitiba (PR), o Decreto Municipal nº 1080/2011 (CURITIBA, 2011b), em consonância à Resolução CONAMA 335/03, classifica os cemitérios em três tipos: tradicional, tipo parque e vertical. Cemitérios tradicionais são definidos como horizontais, com jazigos sobre o solo, no subsolo ou mistos; tipo parque são aqueles cujas sepulturas ficam no subsolo recobertas por jardins; e os do tipo vertical concebidos em uma edificação

térrea ou não, com espaço para lóculos (CURITIBA, 2011b).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos construtivos dos jazigos dos cemitérios municipais de Curitiba e a vulnerabilidade do aquífero, buscando estabelecer uma possível correlação entre a influência da manutenção e a contaminação das águas subterrâneas.

METODOLOGIA

Seleção das Áreas de Estudo

Para a realização deste trabalho, foram selecionados os cemitérios municipais de Curitiba, que representam quatro entre as 22 áreas de cemitérios existentes na cidade. Para caracterização das áreas, foi feito um levantamento dos dados, por meio de pesquisa documental a laudos técnicos e analíticos, Planos de Controle Ambiental (PCA's) e outros documentos disponíveis em órgão públicos municipais e estaduais, como Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba (SMMA), Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) e Instituto da Águas (atual Águas Paraná), além de artigos científicos, legislação existente e fotografias de diferentes fontes de divulgação.

Vistoria Local

As visitas técnicas nos quatro cemitérios municipais ocorreram em 2007 e 2008, com o acompanhamento e fiscalização dos procedimentos adotados pelas equipes do laboratório contratado para realização das coletas de amostras de águas subterrâneas dos poços de monitoramento.

Nas visitas, as estruturas físicas existentes nas áreas foram verificadas, em relação ao tipo de pavimentação interna, aos sinais de

inoperância da rede de microdrenagem, às características operacionais dos poços de monitoramento, ao acondicionamento de resíduos sólidos e às condições externas dos jazigos. As informações coletadas permitiram analisar possíveis relações dos impactos ambientais a que as áreas estão sujeitas quanto aos aspectos construtivos e operacionais de cada cemitério. Todas as informações obtidas foram relatadas nos Planos de Controle Ambiental de cada cemitério, permitindo integrar estes dados à presente pesquisa.

Avaliação da Situação dos Jazigos

Quanto à situação dos jazigos, foram obtidas informações, em campo e a partir de relatórios técnicos, relativas: ao tipo de jazigos existentes (aéreo, enterrado ou misto); aos aspectos construtivos dos jazigos, como tipo e condições do revestimento, danos na estrutura dos jazigos, como a existência de rachaduras, posição das tampas, sinais de basculamento; à presença de vegetação junto à base; ao odor aparente e à ocorrência de vazamentos de líquido coliquativo.

Para fins de denominação, os acabamentos definidos como convencionais são aqueles que receberam aplicação de revestimento em argamassa. A identificação de "tampa entreaberta" refere-se a um deslocamento parcial da tampa do jazigo, quando da verificação.

No Cemitério Municipal Água Verde, os levantamentos de campo dos jazigos, realizados durante a elaboração dos PCA's, foram georreferenciados, possibilitando a construção de mapa por tipos de danos encontrados, o que permitiu integrar estes dados à presente pesquisa.

Em todas as áreas, foram verificados dados quanto ao número de jazigos e número de danos

encontrados em cada jazigo, para indicar numericamente os danos simultâneos ocorridos em cada um, com o objetivo de avaliar possíveis alterações ambientais atreladas à situação dos danos nos jazigos.

Avaliação das Campanhas de Monitoramento das Águas Subterrâneas

As campanhas de monitoramento das águas subterrâneas ocorreram em 2004, 2007 e 2009 nos quatro cemitérios municipais. No presente trabalho, foram, entretanto, avaliados os dados de qualidade dos poços de monitoramento somente para o Cemitério Municipal Água Verde, para os anos de 2007 e 2009 (mesmo período da avaliação dos jazigos), uma vez que todos os jazigos encontravam-se georreferenciados, permitindo uma correlação dos resultados nas várias etapas. Assim, a análise dos resultados laboratoriais obtidos nas campanhas de monitoramento das águas subterrâneas permitiu verificar a possível influência da atividade sobre a qualidade das águas subterrâneas. No ano de 2007, foram realizadas três campanhas amostrais (25/01, 01/05 e 13/09/2007) e em 2009, foi realizada apenas uma (16/07/2009).

Os parâmetros monitorados foram determinados em função da Resolução SEMA nº 19/2004 (PARANÁ, 2004), sendo: alcalinidade, dureza total, dureza (cálcio e magnésio), pH, condutividade, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, cloreto, amônia e nitrato. Não se utilizou a Resolução SEMA nº 02/2009 para interpretação dos dados, por esta apresentar menos parâmetros e para se estabelecer um critério único de monitoramento para os anos amostrados.

Os métodos analíticos utilizados seguiram os procedimentos descritos no *Standard Methods for the*

Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998), exceto para os parâmetros clostrídios sulfito redutores e *Salmonella* sp., cujos métodos aplicados foram, respectivamente, tubos múltiplos, de acordo com CETESB (1993) e para *Salmonella* em 25 g ou 25 mL de acordo com ITAL (1995). A determinação de coliformes termotolerantes foi realizada, a partir da caracterização das colônias isoladas em ágar eosina azul de metileno (EMB), por meio de provas bioquímicas específicas.

Os valores máximos permitidos (VMP) dos padrões de qualidade da água foram comparados aos estabelecidos pela Portaria MS 518/2004 (legislação vigente à época da pesquisa), Resoluções CONAMA n° 396/2008 e 357/2005. Para parâmetros que não apresentavam um padrão de comparação definido, foi adotado como referência a ausência de padrão.

Avaliação das Condições de Vulnerabilidade dos Aquíferos

A avaliação das condições de vulnerabilidade constituiu-se em pesquisa documental nos Planos de Controle Ambiental - PCA de cada cemitério, onde abordou-se as condições de vulnerabilidade dos aquíferos para o ano de 2008 (2007 para o Cemitério Municipal do Boqueirão). Teve como base o método simplificado *Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata e Depth to groundwater table* (GOD), fundamentado nos mecanismos de recarga e na capacidade natural dos materiais que compõem os estratos das zonas não saturadas em atenuar fluidos, em função das condições geológicas superficiais e das profundidades do nível de água subterrânea (FOSTER *et al.*, 2002).

O método considera numericamente o confinamento da água subterrânea, estratos

geológicos, zonas não saturadas ou camadas confinadas e profundidade do nível da água subterrânea. Indica o potencial de contaminação da água subterrânea, permitindo avaliar propostas de desenvolvimento e da política de proteção das águas subterrâneas, bem como embasar decisões de controle e monitoramento quanto à qualidade destas águas (FOSTER *et al.*, 2002).

O procedimento dividiu-se em três fases. A primeira fase de atribuição correspondeu à identificação do tipo e do grau de confinamento hidráulico da água subterrânea (G), apresentados num intervalo de 0 a 1, cuja pontuação varia para confinamento artesiano, confinado, semi-confinado, não confinado (coberto) e não confinado. A segunda fase consistiu na valoração da ocorrência e caracterização geológica da zona não saturada (O), compreendida numa escala variável de 0,4 a 1. Na terceira fase, foi feita a atribuição de valor com relação à distância ou à profundidade do nível de água em aquíferos não-confinados ou à profundidade do teto do primeiro aquífero confinado (D), valorando numa escala compreendida entre 0,6 e 1. Os dados permitiram classificar o aquífero quanto à vulnerabilidade natural à poluição, como extrema, alta, moderada, baixa a desprezível.

ÁREAS DE ESTUDO

Os quatro cemitérios municipais localizam-se no Município de Curitiba (PR) e denominam-se: São Francisco de Paula (SF), Água Verde (AV), do Boqueirão (BQ) e Santa Cândida (SF) (Figura 1).

Quanto à geologia, os cemitérios São Francisco de Paula, Água Verde, do Boqueirão e parte do Santa Cândida situam-se sobre a Formação Guabirotuba, cujo aquífero possui um armazenamento e fluxo de água associados à

porosidade natural das lentes de areias arcosenas, do tipo intergranular, em que a água subterrânea ocupa os interstícios entre os grãos. O aquífero apresenta vulnerabilidade média à baixa, por possuir uma cobertura argilosa, que permite a ação dos processos de depuração dos eventuais efluentes na superfície do solo (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2010). As águas do Aquífero Guabirotuba têm a composição tendendo a bicarbonatadas sódicas, com concentrações de sólidos dissolvidos totais entre 90 e 297 mg.L⁻¹, pH entre 6,7 a 8,1, não sendo raro encontrar teores de ferro total e manganês acima dos valores máximos permitidos para consumo humano, além da presença de sódio, cálcio, magnésio e potássio (MULLER, 2007). Segundo SANTOS *et al.* (2007), nas áreas onde ocorre a Formação Guabirotuba, existe a susceptibilidade dos solos à erosão, colapsos por compactação e instabilização em taludes.

As partes norte do Cemitério Municipal Santa Cândida e norte do São Francisco de Paula situam-se sobre o Embasamento Cristalino, cujo aquífero possui um armazenamento de água condicionado à existência de fraturas que afetam estas rochas e permitem a infiltração e percolação da água. Sendo assim considera-se que este aquífero apresenta baixa vulnerabilidade às contaminações, contudo se esta ocorrer poderá ser irremediável. A exploração de água deste aquífero pode ser realizada por meio de poços profundos, cujas entradas de água estão entre 60 e 150 m (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2010). As águas deste aquífero são classificadas como bicarbonatadas cálcio-magnesianas, com teores de sólidos dissolvidos totais entre 100 e 150 mg.L⁻¹, pH entre 6,5 a 7,2 e dureza inferior a 100 mg.L⁻¹ de CaCO₃. Predominam a presença dos cátions cálcio e magnésio (MULLER, 2007).

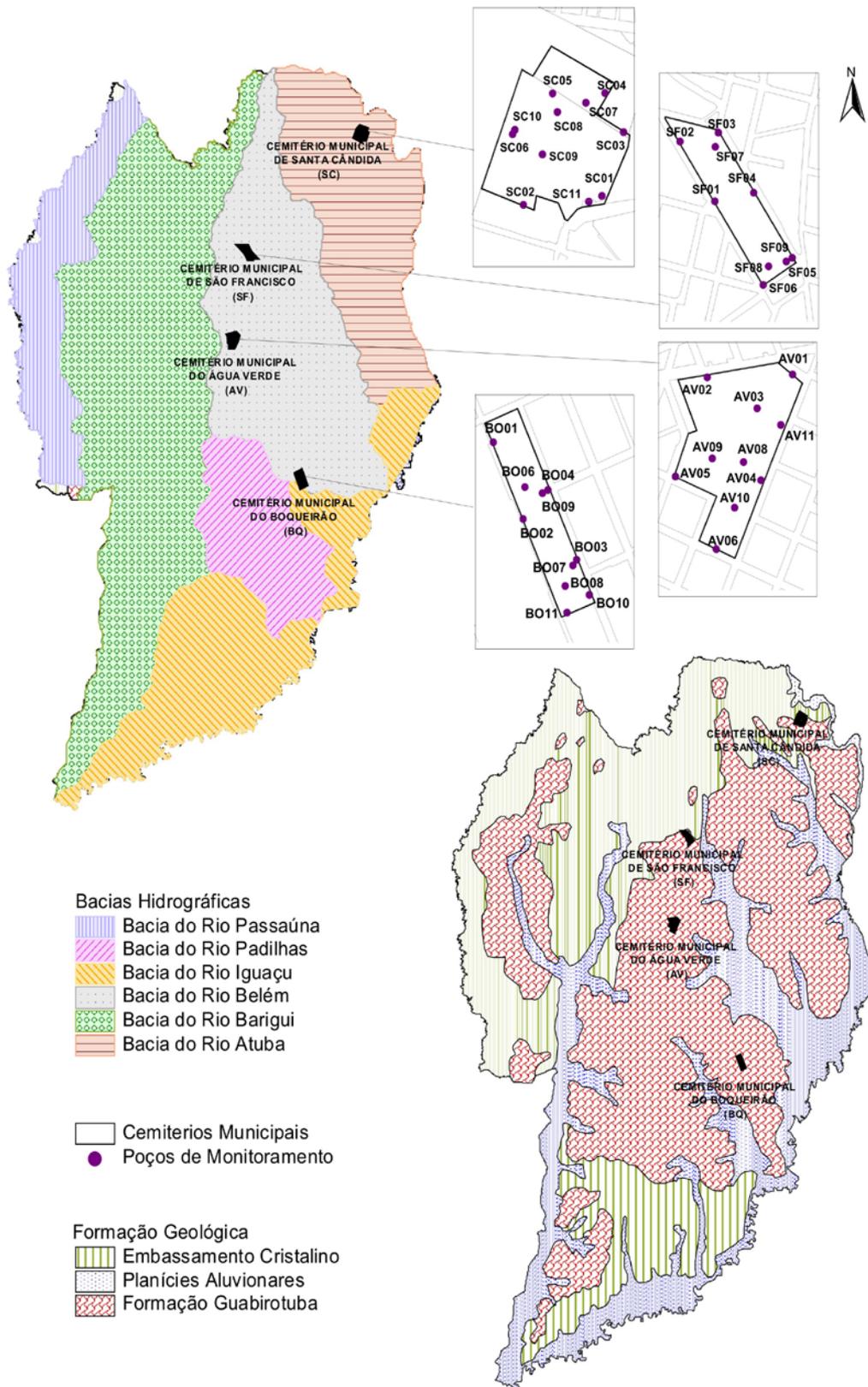


Figura 1 – Mapas do Município de Curitiba apresentando as bacias hidrográficas, unidades geológicas, bem como a localização dos Cemitérios Municipais e seus poços de monitoramento (CURITIBA, 2007; CURITIBA, 2008b, CURITIBA, 2008c; CURITIBA, 2008d)

A concepção das áreas de cemitérios municipais de Curitiba baseou-se nos pressupostos de construção do final do século XVIII e se mantém até o presente.

Independente do tipo de cemitério e do tipo de edificação que abrigue os jazigos, as gavetas que o compõe são prismáticas, com padronização das dimensões (0,80 m

de largura, 0,60 m de altura e 2,20 m de comprimento), em concreto armado pré-moldado e fechamentos laterais em alvenaria, para confinamento dos gases exalados e

do necrochorume até sua decomposição total.

O Cemitério Municipal São Francisco de Paula, o mais antigo, foi fundado em 1854, construído na parte alta da cidade, o que, na época, minimizava a preocupação sanitária da população pela proximidade com os mortos e com possíveis alagamentos que pudessem contaminar as águas (DUDEQUE, 2010). Mantém sua concepção original de cemitério horizontal e a mesma área (51.414 m²), mesmo tendo passado por obras de melhorias de infraestrutura ao longo destes anos. Em 2007, possuía 67.579 corpos sepultados em 5.741 túmulos (CURITIBA, 2008d).

Em 1888, foi inaugurado o Cemitério Água Verde, que passou a ser municipal somente em 1928 (OLIVEIRA, 2001 apud CURITIBA, 2008b). Há registros de ampliações em 1930, 1935 e 1997. É um cemitério horizontal com uma área construída de 97.827 m², e em 2007, possuía 90.758 sepultados em 12.049 túmulos (CURITIBA, 2008ba).

Em 1950 foi construído e inaugurado o cemitério do Boqueirão, de administração municipal somente a partir de 1954. É um cemitério horizontal e sofreu ampliações ao longo dos anos. Tem uma área construída de 45.214 m²; e em 2007, possuía 30.000 sepultados em 5.839 túmulos (CURITIBA, 2007).

Em 1957, foi inaugurado o cemitério Municipal de Santa Cândida para suprir a necessidade de novos locais para sepultamentos. Implantado em uma área de 132.299,75 m², contando com 8.503 túmulos em 2007 e 96.584 corpos sepultados (CURITIBA, 2008c).

Destaca-se que nos Cemitérios Municipais de Santa Cândida e do Boqueirão, exclusivamente, foram implantados gavetários, estruturas em concreto armado que abrigam gavetas aéreas geminadas com altura equivalente a quatro gavetas, para suprir a demanda por jazigos e aproveitar as áreas livres disponíveis. Estes

gavetários não foram objeto de avaliação neste trabalho.

Atualmente, as quatro áreas são administradas pelo poder público municipal, vinculado ao Departamento de Serviços Especiais da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba. O município concede à população, por meio de uma permissão de uso, o direito ao sepultamento em jazigos identificados e definidos, cuja construção e manutenção é de responsabilidade do permissionário. A administração pública atua na garantia de acessibilidade aos usuários, manutenção das áreas de acesso e circulação interna, segurança e monitoramento ambiental.

Em 1999, iniciou-se a implantação dos poços de monitoramento nos cemitérios municipais, bem como os estudos sobre a geologia dos locais e fluxos das águas subterrâneas. Em 2004, então, ocorreram as primeiras campanhas de monitoramento das águas subterrâneas, seguidas por coletas em 2007 e 2009. As áreas totalizam 40 poços de monitoramento, distribuídos da seguinte forma: 9 no São Francisco de Paula, 10 no Água Verde, 10 no Boqueirão e 11 no Santa Cândida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação da Situação Geral

Os cemitérios municipais de Curitiba totalizam 32.132 jazigos, sendo 21.555 com gavetas aéreas, 10.441 com gavetas enterradas e 136 com gavetas mistas (aéreas e enterradas). As gavetas aéreas predominam nos Cemitérios Municipais São Francisco de Paula (5.055 jazigos), Água Verde (11.455) e Boqueirão (5.045), que juntos resultam em 67% do total de jazigos. As gavetas enterradas predominam no Cemitério Municipal Santa Cândida (8.503 jazigos), seguido pelo Boqueirão (691), São Francisco de Paula (662) e Água Verde (585).

Normalmente, os jazigos apresentam algum tipo de acabamento ou revestimento, que varia desde a argamassa à rocha ornamental. Nos cemitérios avaliados, são encontrados jazigos revestidos por rocha ornamental (granitos e mármore), azulejo, acabamento convencional (alvenaria com revestimento argamassado) e combinações, nas tampas e laterais, dos mesmos revestimentos já citados.

Destaca-se a aplicação de rocha ornamental em 2.334 jazigos do Cemitério Municipal São Francisco de Paula e em 8.710 jazigos do Cemitério Municipal Água Verde, que representam 40,65% e 72,28%, sendo estes os cemitérios mais antigos e tradicionais da cidade, construídos em bairros colonizados por alemães e italianos, respectivamente (FENIANOS, 1998). No Cemitério Municipal São Francisco de Paula, ainda podem ser encontrados 2.176 jazigos com revestimentos em azulejo, 1.216 com acabamento convencional e, no Cemitério Municipal Água Verde, outros 3.339 jazigos com acabamento convencional.

No Cemitério Municipal Boqueirão, 3.146 jazigos são revestidos com rocha ornamental (53,81%), cujo padrão pode ser um reflexo da época de sua implantação, tendo em vista a ocupação que predominava no bairro ser de imigrantes alemães (FENIANOS, 2000).

Já no Cemitério Municipal Santa Cândida, há um predomínio de jazigos revestidos em azulejo com laterais em acabamento convencional (4.681 jazigos), que representa 55,05% do total. Ainda podem ser encontrados 890 jazigos revestidos com rocha ornamental, 469 jazigos revestidos com azulejos, 1.981 jazigos revestidos com acabamento convencional e 482 com tampas revestidas em rocha ornamental e laterais revestidas com acabamento convencional.

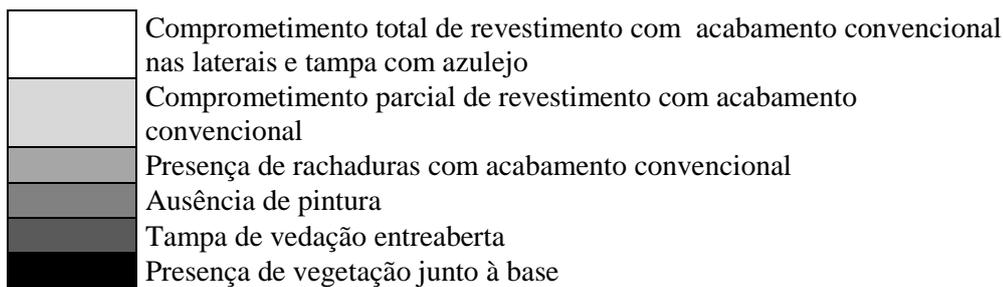
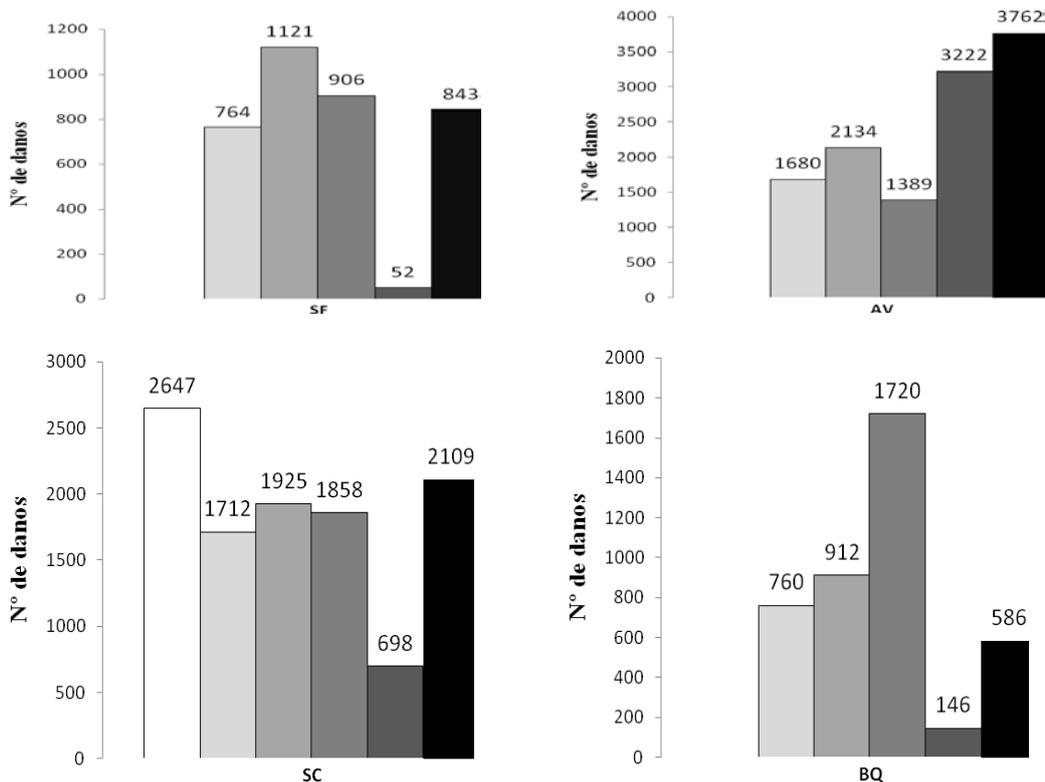


Figura 2 – Gráfico comparativo dos tipos de danos associados aos jazigos dos Cemitérios Municipais de Curitiba. SF = Cemitério Municipal São Francisco de Paula; AV = Cemitério Municipal Água Verde; BQ = Cemitério Municipal do Boqueirão; SC = Cemitério Municipal Santa Cândida (CURITIBA, 2007, 2008a, 2008b, 2008c).

Avaliação da Situação dos Danos dos Jazigos

Foram avaliados 32.132 jazigos presentes nas áreas de estudo e, deste total, 18.014 jazigos (56,06%) apresentam danos. Cabe destacar que em muitos jazigos há mais de um tipo de dano, o que resultou em número de danos superior ao número de jazigos. Dos 5.741 jazigos do Cemitério Municipal São Francisco de Paula, 2.258 (39,33%) apresentaram danos aparentes, tendo sido identificados 4.678 danos. Sendo assim, foram observados 2,07 danos simultâneos por jazigo, entre os quais se

destacam: revestimento parcialmente comprometido, ausência de pintura nos jazigos com acabamento convencional e a presença de vegetação junto à base, como pode ser visualizado na Figura 2.

O Cemitério Municipal São Francisco de Paula apresenta o menor número de danos por jazigo dentre as quatro áreas avaliadas. Esta condição pode estar associada à predominância de jazigos revestidos com rocha ornamental, que apresenta maior durabilidade do revestimento às ações das intempéries diárias e das variações de temperatura ao longo do ano. Segundo Frascá (s/d), este tipo de

material apresenta dilatação térmica linear de 10^{-3} mm/m.°C com capacidade de suportar variações de temperaturas em intervalo de 0°C e 50°C. O menor índice de danos por jazigo pode, ainda, estar associado a fatores como representatividade histórico-cultural do Cemitério em relação às personalidades de destaque da sociedade curitibana, ali sepultadas e visitadas constantemente pela sociedade em geral, além da proximidade com a sede administrativa deste serviço municipal.

No Cemitério Municipal Água Verde, em 8.877 jazigos, foram identificados 21.115 danos, o que lhe confere o segundo maior índice

de danos simultâneos por jazigo (2,38), mesmo com a predominância de jazigos construídos com acabamento em rocha ornamental. Os danos mais frequentes foram (Figura 2): ocorrência de tampa entre aberta (15,26%) e presença de vegetação junto à base (17,82%). Constatou-se que, neste cemitério, houve uma degradação do espaço pela não conservação e manutenção dos jazigos. Tais problemas podem estar ligados a fatores como falhas operacionais no controle da manutenção dada pelos permissionários aos jazigos, e/ou refletirem questões culturais acerca do distanciamento da sociedade atual em relação à morte e ao significado da preservação da memória de entes queridos. Também, os danos nas tampas dos jazigos podem estar relacionados a furtos de lápides, roubos de peças anatômicas, associados à ação de vandalismo recorrente, como apontado no plano de controle ambiental.

No Cemitério Municipal Santa Cândida, o único cemitério-parque municipal, com túmulos rentes ao solo e uma ampla área gramada, foram identificados 12.543 danos em 5.846 jazigos, o que representa um índice de danos simultâneos por jazigo de 2,15, próximo ao encontrado no Cemitério Municipal São Francisco de Paula. Contudo, na leitura visual do espaço, a própria tipologia do cemitério atenua a percepção dos danos por parte do visitante. Os danos mais comuns estão associados com o acabamento na tampa superior em azulejo e acabamento convencional nas laterais, sendo este o tipo de acabamento predominante na área. Também foram observadas rachaduras (15,34%), situações de revestimento parcialmente comprometido (13,64%) e ausência de pintura nos jazigos com acabamento convencional (14,81%), sugerindo uma possível ocorrência simultânea destes danos em razão

do acabamento com argamassa (Figura 2).

No Cemitério Municipal Boqueirão, dos 5.839 jazigos, 1.033 apresentaram danos, correspondendo 17,69% do total, e a um menor número de jazigos com danos entre as quatro áreas cemiteriais avaliadas. Quando avaliado, porém, o número de danos simultâneos por jazigo, esta situação é modificada, pois o local apresenta cerca de 3,86 danos simultâneos por jazigo, a maior relação encontrada, o que resulta em 3.984 danos. Os danos mais comuns foram a presença de rachaduras (22,89%), revestimento parcialmente comprometido (19,07%) e ausência de pintura nos jazigos com acabamento convencional (32,88%). Tais ocorrências implicam, ao longo do tempo, em uma degradação das paredes e, em casos de extremo abandono, descolamento e queda do revestimento (Figura 2).

Quanto à incidência de jazigos com vazamento de necrochorume e odor, o conjunto de dados para todas as áreas não atingiu 1,49% dos danos identificados em todos os cemitérios. É válido observar que vazamentos de necrochorume nas gavetas subterrâneas não foram objeto de análise, restringindo-se o levantamento a danos externos e visíveis.

Alterações como rachaduras, comprometimento no revestimento e deslocamento de tampas podem acarretar em acúmulos de águas pluviais no interior dos jazigos e, conseqüentemente, interferir no processo de decomposição dos corpos, resultando numa conservação dos corpos sepultados, dependendo do estágio de decomposição em que se encontram. Nestes casos, as águas pluviais podem, ainda, carrear o produto de coligação para fora dos jazigos, através das rachaduras, colaborando com o aumento da fragilidade ambiental destas áreas.

Outro dano comum a todas as áreas é o deslocamento de calçadas que afetem a base do jazigo, em função da presença de vegetação arbustiva ou arbórea, o que pode danificar as redes de drenagem de água pluvial, e, assim, contribuir para a fragilidade ambiental da área.

Apesar de ser um problema visível, cabe destacar que os dados dos Planos de Controle Ambiental consultados apontam para baixos índices de jazigos com basculamento, por um ou mais fatores associados, tais como sobrepeso da estrutura com fundação inadequada, capacidade de suporte extrapolada em função da sobrecarga e subdimensionamento de peças estruturais. O basculamento pode ser decorrente, ainda, de inadequações no padrão construtivo dos jazigos, em possíveis reformas, principalmente quando se mantêm, sob as novas estruturas, peças anatômicas dos sepultamentos antigos feitos diretamente no solo. Os planos registraram danos desta natureza somente nos Cemitérios Municipais São Francisco de Paula (0,49%) e Santa Cândida (1,20%), em decorrência das adaptações nas estruturas feitas ao longo dos anos, pois muitos jazigos alteraram sua aparência física, sobrelevando-se em dois ou três jazigos. Como consequência dos danos, pode ocorrer uma interferência na qualidade das águas subterrâneas, uma vez que as condições geológicas podem favorecer ou dificultar a dispersão de contaminantes.

Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas dos Poços de Monitoramento do Cemitério Municipal Água Verde

Os resultados de análise das águas subterrâneas no Cemitério Municipal Água Verde para os parâmetros pH, condutividade, turbidez, sólidos dissolvidos totais,

Tabela 1 – Resultados das Análises das Amostras de Água Subterrânea dos Poços de Monitoramento do Cemitério Municipal Água Verde (CURITIBA, 2008b, 2008e, 2009f)

pH									CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)							
AV-01	AV-02	AV-03	AV-04	AV-05	AV-06	AV-08	AV-09		AV-01	AV-02	AV-03	AV-04	AV-05	AV-06	AV-08	AV-09
1	7,57	6,63	6,34	6,85	5,23	6,58	7,88	8,03	386,00	73,80	102,30	75,00	104,10	101,40	368,00	270,00
2	7,57	6,63	6,34	6,85	5,23	6,58	7,88	8,03	386,00	73,80	102,30	75,00	104,10	101,40	368,00	270,00
3	7,28	7,21	6,13	5,98	4,89	6,35	7,84	7,76	368,00	38,00	219,00	68,00	84,00	91,40	352,00	301,00
4	7,28	7,21	6,13	5,98	4,89	6,35	7,84	7,76	368,00	38,00	219,00	68,00	84,00	91,40	352,00	301,00
5	7,57	7,48	6,37	7,50	4,82	7,29	7,85	7,80	400,40	407,00	140,70	395,10	104,60	210,00	303,50	239,00
TURBIDEZ (UT)									SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)							
1	450,00	12,00	56,00	16,00	3,00	47,00	1,20	2,50	251,00	48,00	66,00	49,00	68,00	66,00	239,00	176,00
2	450,00	12,00	56,00	16,00	3,00	47,00	1,20	2,50	251,00	48,00	66,00	49,00	68,00	66,00	239,00	176,00
3	6,00	2,00	7,00	60,00	<1,00	5,00	3,00	13,00	239,00	247,00	142,00	44,00	55,00	59,00	229,00	196,00
4	6,00	2,00	7,00	60,00	<1,00	5,00	3,00	13,00	239,00	247,00	142,00	44,00	55,00	59,00	229,00	196,00
5	41,00	49,76	33,58	47,71	11,30	91,46	35,67	79,60	228,00	234,00	104,00	244,00	96,00	148,00	190,00	152,00
FERRO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)									CÁLCIO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)							
1	4,27	1,42	7,90	1,25	0,73	0,29	0,20	0,48	41,44	9,42	6,78	10,55	7,54	7,91	40,31	32,77
2	4,27	1,42	7,90	1,25	0,73	0,29	0,20	0,48	41,44	9,42	6,78	10,55	7,54	7,91	40,31	32,77
3	0,06	0,25	14,20	1,96	<0,01	0,29	0,04	0,23	53,37	32,76	18,67	10,44	6,48	11,09	38,13	41,22
4	0,06	0,25	14,20	1,96	<0,01	0,29	0,04	0,23	53,37	32,76	18,67	10,44	6,48	11,09	38,13	41,22
5	0,30	0,34	21,40	0,40	0,26	0,63	0,30	0,60	52,00	52,00	8,00	52,00	4,00	24,00	32,00	28,00
MAGNÉSIO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)									COLIFORMESTERMOTOLERANTES (NMP.100 mL ⁻¹)							
1	24,50	0,95	4,62	3,38	2,43	6,08	18,33	13,71	3,10	228,20	3,10	>2419,2	5,20	62,00	>2419,2	<1,0
2	24,50	0,95	4,62	3,38	2,43	6,08	18,33	13,71	3,10	228,20	3,10	>2419,2	5,20	62,00	>2419,2	<1,0
3	17,89	25,23	11,43	1,12	1,65	3,31	26,06	15,56	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
4	17,89	25,23	11,43	1,12	1,65	3,31	26,06	15,56	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
5	22,00	24,00	5,00	22,00	4,90	15,00	17,00	15,00	>23,0	>23,0	16,00	<1,1	<1,1	3,60	<1,10	2,20
DBO ($\text{mg}\cdot\text{O}_2\cdot\text{L}^{-1}$)									DQO ($\text{mg}\cdot\text{O}_2\cdot\text{L}^{-1}$)							
1	<2,0	<2,0	3,2	<2,0	<2,0	2,3	<2,0	2,9	7,41	2,47	11,86	4,94	9,88	12,36	2,47	9,39
2	<2,0	<2,0	3,2	<2,0	<2,0	2,3	<2,0	2,9	7,41	2,47	11,86	4,94	9,88	12,36	2,47	9,39
3	<2,0	<2,0	<2,0	5,3	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	5,00	3,00	15,00	27,00	6,00	5,00	5,50	4,00
4	<2,0	<2,0	<2,0	5,3	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	5,00	3,00	15,00	27,00	6,00	5,00	5,50	4,00
5	<2,0	<2,0	<2,0	2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,00	5,00	<2,00	11,00	3,00	<2,00	<2,00	<2,00
OXIGÊNIO DISSOLVIDO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)									COR (uH)							
1	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	600,00	25,00	500,00	75,00	5,00	400,00	5,00	10,00
2	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	600,00	25,00	500,00	75,00	5,00	400,00	10,00	<5,00
3	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	<5,00	<5,00	5,00	200,00	<5,00	10,00	<5,00	5,00
4	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	<5,00	<5,10	5,00	200,00	<5,00	10,00	<5,00	5,00
5	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	25,00	50,00	125,00	50,00	25,00	50,00	25,00	1000,00
COLIFORMES TOTAIS (NMP.100 mL ⁻¹)									BACTERIAS HETEROTROFICAS ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)							
1	26,50	>2419,2	206,40	>2419,2	6,30	1046,00	>2419,2	579,40	12,00	120,00	0,52	110,00	5,00	78,00	790,00	3,00
2	26,50	>2419,2	206,40	>2419,2	6,30	1046,00	>2419,2	579,40	1,20	12,00	0,05	11,00	0,50	6,30	79,00	0,30
3	<1,0	<1,0	142,50	231,00	3,00	86,40	<1,00	48,60	14,00	14,00	7,40	150,00	14,00	63,00	150,00	53,00
4	<1,0	<1,0	142,50	231,00	3,00	86,40	<1,00	48,60	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
5	>23,0	>23,0	>23,0	1,10	9,20	23,00	>23,0	12,00	47,00	172,00	69,00	5,10	3,00	48,00	84,00	54,00
SALMONELLA ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)									CLOSTRIDIO SULFITO REDUTOR ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)							
1	A	A	A	A	A	A	A	A	N.E.	A	A	A	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
2	A	A	A	A	A	A	A	A	<1,10	9,20	6,90	<1,10	<1,10	5,10	N.E.	N.E.
3	A	A	A	A	A	A	A	A	<1,10	9,20	6,90	<1,10	<1,10	5,10	3,60	9,20
4	A	A	A	A	A	A	A	A	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
5	A	A	A	A	A	A	A	A	>23,00	>23,00	>23,00	>23,00	16,00	12,00	23,00	23,00

N.E. = dado não encontrado; A = ausência; Datas de realização das coletas = 1 – em 25/01/2007; 2 – em 01/05/2007; 3 – em 13/09/2007; 4 – em 01/02/2008; 5 – em 16/07/2009

ferro, cálcio, magnésio, DBO, DQO, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes e cor constam na Tabela 1.

• pH, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais
Os valores de pH das amostras de água subterrânea dos

poços de montante, durante os anos de monitoramento, apresentaram-se numa faixa de 5,98 a 8,50, semelhantes às características

encontradas no aquífero Guabirotuba, que, conforme Muller (2007), corresponde a um pH entre 6,7 a 8,1. e dentro dos valores aceitáveis pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518/04 (entre 6 e 9,5). Feitosa e Manoel Filho (2000) citam que, geralmente, o pH das águas subterrâneas varia entre 5,5 e 8,5. Já a Resolução CONAMA nº 396/08 não estabelece nenhum padrão de pH para as diferentes classes.

O único poço de monitoramento com valores de pH fora da faixa aceitável pela Portaria foi o AV-05, considerado como *background*, cujas interferências podem referir-se a atividades antrópicas externas ao cemitério e não relativas a sua operação.

Também foram avaliados os parâmetros condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais. A condutividade elétrica é um valor recíproco da resistividade elétrica, utilizada indiretamente para determinar a concentração de sólidos dissolvidos, sendo um dos parâmetros indicados para se determinar condições de potabilidade (MARION *et al.*, 2007). Quanto à condutividade, não há limites estabelecidos pela legislação. Entretanto, Migliorini *et al.* (2007), em pesquisa realizada nos Cemitérios Municipais São Gonçalo e Parque Bom Jesus de Iguape, em Cuiabá (Mato Grosso), atribuíram o aumento de condutividade dos poços de jusante em relação ao de *background* como função de possível contaminação das águas subterrâneas por necrochorume. Os autores citados verificaram uma condutividade média de $98,6 \mu\text{Scm}^{-1}$, superior aos resultados obtidos de *background* e atribuíram esta condição a um possível impacto da atividade cemiterial, pois o poço avaliado possuía uma profundidade e um tempo de contato maior devido à formação geológica.

Avaliando os resultados de condutividade para o Cemitério Municipal Água Verde, seguindo as discussões de Migliorini, observou-

se que as condições antrópicas externas à área têm maior influência na qualidade das águas subterrâneas do que a atividade cemiterial. Considerando o poço AV-04 como o mais representativo da atividade, verificou-se que a média de condutividade ($116,89 \mu\text{S.cm}^{-1}$), para o período de monitoramento, apresentou-se inferior à observada para AV-06, um poço de *background* ($180,40 \mu\text{S.cm}^{-1}$), que poderia ter interferência direta em função da potenciometria.

Quando comparados os resultados de Espíndula (2004), que obteve valores acima de $1000 \mu\text{S.cm}^{-1}$ para o Cemitério da Várzea, Recife, atribuídos por ele como decorrentes da decomposição de corpos em área de sepultamento com menos de um ano, aos registrados para o Cemitério Água Verde, estes apresentaram-se inferiores, em todos os poços de monitoramento.

Os resultados obtidos com a análise dos sólidos dissolvidos totais mostraram o mesmo comportamento que a condutividade, o que já era esperado, pois há uma correlação intrínseca entre ambos (Migliorini *et al.*, 2007) e que, indiretamente, demonstra a presença de sais minerais.

As amostras coletadas não ultrapassaram o limite máximo permitido para sólidos dissolvidos totais, que é de 1.000mg.L^{-1} pela Resolução CONAMA 396/08 e pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518/04.

Foram detectadas alterações de condutividade e sólidos dissolvidos totais nos poços de monitoramento AV-01, AV-02 e AV-08, também denominados de montante (*background*), sugerindo reflexos da área externa, não associados ao desenvolvimento das operações do cemitério. Além disso, as águas do Aquífero Guabirotuba possuem naturalmente concentração média de sólidos dissolvidos totais de $156,74 \text{mg.L}^{-1}$, variando entre $11,00$ e $419,00 \text{mg.L}^{-1}$

(INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2010), o que contribui para a hipótese de não haver interferência da atividade cemiterial nesta área.

Para o poço AV-04, considerado o mais à jusante da área e que possui o nível do aquífero freático mais aflorante (0,69 a 1,16 m), ou seja, mais suscetível às variações de nível por ocasião de chuvas intensas, os resultados dos parâmetros condutividade e sólidos dissolvidos totais apresentaram-se mais baixos que os demais poços. Isto foi observado, com exceção do período de coleta das amostras em 2009, onde os valores foram superiores em relação aos demais, porém semelhantes aos poços de *background* e à condição encontrada para as águas subterrâneas do aquífero Guabirotuba. Sendo assim, por este parâmetro não é possível afirmar que haja uma relação dos resultados do poço AV-04 com contaminação do aquífero freático decorrente da decomposição humana ou ainda que ocorra uma influência direta do Cemitério Municipal Água Verde na qualidade das águas subterrâneas.

Sugere-se, para monitoramento futuro, um acompanhamento periódico mensal dos níveis do aquífero freático, de modo a correlacionar com os índices pluviométricos verificados para Curitiba, integrando-os na análise dos resultados destes parâmetros.

- Cor e turbidez

Uma forma de avaliar os resultados obtidos no parâmetro sólidos dissolvidos totais é a verificação do comportamento dos resultados para o parâmetro cor (CETESB, 2008). Também se pode associar a cor em função da presença de altos níveis de ferro, entretanto, estas relações não foram verificadas neste trabalho. Os resultados obtidos para o parâmetro cor apresentaram uma grande variação, além de terem ultrapassado o limite máximo permitido pela Portaria MS 518/04 (15uH), nos vários anos amostrados

e nos diferentes poços de monitoramento. As oscilações encontradas podem estar relacionadas a problemas analíticos envolvendo coleta e metodologia de análise.

O parâmetro turbidez indica a presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte e argila) e detritos orgânicos (CETESB, 2008). Conforme legislação pertinente (Portaria MS 518/2004 e Resolução CONAMA nº 396/2008), apenas a portaria do Ministério da Saúde estabelece um padrão, em relação à turbidez (5 uT). Para o Cemitério Água Verde, no ano de 2007, o valor médio do parâmetro turbidez foi igual a 55,28 uT e, para 2009, de 48,76 uT. É importante, ressaltar, porém, que a comparação adequada destes dados e suas possíveis correlações com outros parâmetros foi prejudicada, em função de métodos analíticos distintos terem sido aplicados nas campanhas avaliadas.

- Ferro

Quanto ao parâmetro ferro total, em 2007, observou-se concentração média de 2,18 mg.L⁻¹ e, para o ano de 2009, de 3,03 mg.L⁻¹. Estes valores apresentam-se muito superiores ao limite correspondente a 0,3 mg.L⁻¹, estabelecido pela Portaria MS 518/2004 e pela Resolução CONAMA 396/2008.

Segundo Feitosa e Manoel Filho (2000), os processos e fatores que influem na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos ou extrínsecos ao aquífero. Em relação aos processos intrínsecos, ao que se refere à Formação Guabirota, observou-se que teores de ferro total podem atingir médias de 0,7 mg.L⁻¹ e máximos de até 9 mg.L⁻¹ (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2010). Assim, pode-se verificar que os valores de ferro encontrados, na maioria da campanhas de monitoramento, estão em consonância com a formação geológica local, uma vez que as

variações do nível do aquífero freático num ciclo hidrológico podem provocar o desprendimento constante de partículas, lixiviando tais compostos para as águas subterrâneas. Com relação aos fatores extrínsecos, poderiam estar associadas as guarnições metálicas dos caixões, bem como a pintura à base de verniz como acabamento dos caixões (MIGLIORINI, 1994).

- Cálcio, magnésio

A dureza é um indicador da qualidade das águas para abastecimento e que está associada à presença de cátions cálcio e magnésio. Não há evidências da relação destes indicadores com algum problema sanitário, há, no entanto, constatações de sabor desagradável e efeitos laxativos (CETESB, 2008).

A qualidade natural das águas subterrâneas do Aquífero Guabirota, ao qual pertence o Cemitério Municipal Água Verde, apresenta uma composição química bicarbonatada sódica, não sendo raro encontrar sódio, cálcio, magnésio e potássio (MULLER, 2007). Segundo o Instituto das Águas (2010), as águas do Aquífero Guabirota possuem em média 22,13 mg.L⁻¹ de cálcio, podendo variar entre 0,65 a 81,85 mg.L⁻¹ e 7,24 mg.L⁻¹ de magnésio, também podendo variar entre 0,31 e 35,47 mg.L⁻¹. Sendo assim, os resultados obtidos para os parâmetros cálcio e magnésio apresentaram-se com as características naturais da composição química das águas subterrâneas do aquífero Guabirota, não sendo possível associar a alterações decorrentes da atividade cemiterial.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Os parâmetros que permitem avaliar as questões relativas à contaminação por matéria orgânica são DBO e DQO e os próprios bacteriológicos. Por

definição, a DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável (CETESB, 2008), sendo uma medida indireta para caracterização do grau de poluição. A Resolução CONAMA nº 357/2005 orienta que, para amostras de água com classe 2, a DBO deverá ser menor que 5 mg.L⁻¹. Feitosa e Manoel Filho (2000) afirmam que, em geral, para as águas subterrâneas, a DBO é inferior a 1 mg.L⁻¹ e que valores superiores indicam contaminação. Já demanda química de oxigênio (DQO) é, por definição, a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico (CETESB, 2008). Em águas subterrâneas, a DQO pode variar de 1 a 5 mg.L⁻¹, e valores acima de 10 mg.L⁻¹ indicam contaminação (FEITOSA ; MANOEL FILHO, 2000).

A análise dos dados de DQO obtidos a partir de relatórios técnicos foi dificultada no presente trabalho, tendo em vista a falta de padronização metodológica observada em determinadas campanhas, cujos limites mínimos quantificados foram distintos (exemplo 5 mg.L⁻¹ para uma campanha e 2 mg.L⁻¹ para outra). Além disso, quando analisados conjuntamente os parâmetros DBO, DQO e coliformes termotolerantes, não foi possível estabelecer uma correlação direta entre eles, sugerindo a inconsistência dos dados. Um exemplo disto pode ser verificado mediante a análise do poço AV-08, que apresentou em 2007, DBO menor que 2,0 mg.L⁻¹, DQO de 2,47 mg.L⁻¹ e coliformes termotolerantes maior que 2419,20 NMP.100 mL⁻¹.

- Oxigênio Dissolvido (OD)

Outro parâmetro que aponta as condições de sobrevivência de microrganismos é o oxigênio dissolvido. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido indicam que houve consumo na decomposição de

compostos orgânicos (CETESB, 2008), assim como a presença de elevadas concentrações de sais dissolvidos podem influenciar o teor de oxigênio dissolvido (FIORUCCI ; BENEDETTI FILHO, 2005).

O oxigênio dissolvido em águas subterrâneas pode variar entre zero e 5 mg.L⁻¹, segundo Feitosa e Manoel Filho (2000). Os resultados encontrados, com exceção da campanha de 2009, sugerem que houve erro no momento da realização da purga, tendo sido provocada uma modificação das condições naturais e que interferiram não só no parâmetro oxigênio dissolvido como também podem ter influenciado nos resultados da DBO.

- Demais parâmetros químicos Na natureza, são encontradas diferentes formas de nitrogênio que permitem avaliar em que fase de decomposição a matéria nitrogenada se encontra. O nitrogênio orgânico e amoniacal são formas reduzidas de nitrogênio, dando indícios de poluição mais recente. Já nitratos e nitritos são formas oxidadas do nitrogênio e apontam para poluição mais antiga (CETESB, 2008).

Nos resultados para a família dos nitrogenados, ocorreu alternância de valores em todos os poços de monitoramento. Mesmo assim, todos os resultados das campanhas apresentaram valores dentro dos limites de potabilidade, apesar das divergências encontradas ao relacioná-los com os parâmetros nitrogênio total, Kjeldahl e amoniacal. O nitrato pode ser encontrado na composição química das águas subterrâneas do Aquífero Guabirotuba, alcançando valor médio de 3,65 mg.L⁻¹, e podendo variar entre 0,021 e 74,00 mg.L⁻¹ (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2010).

Outros estudos publicados sobre a qualidade das águas do aquífero Guabirotuba indicaram a presença de nitrato acima do limite de potabilidade em algumas amostras, fato que não tem origem

natural, estando associado ao recebimento de esgotos domésticos (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2010).

Como há relatos do desenvolvimento de cânceres, linfomas e má formação congênita decorrentes da ingestão de água contaminada com até 4 mg.L⁻¹ de nitrato em longo prazo (NEIRA *et al.*, 2008), sugere-se a realização de pesquisa junto aos órgãos de saúde para apurar a ocorrência destas doenças na população do entorno imediato, assim como realizar um levantamento da existência de poços para abastecimento e consumo de água subterrânea.

Já os teores encontrados de cloreto, sulfato, sódio, zinco e cádmio nos anos amostrados foram muito abaixo dos limites máximos permitidos pela legislação (250 mg.L⁻¹, 250 mg.L⁻¹, 200 mg.L⁻¹, 5 mg.L⁻¹, 0,005 mg.L⁻¹, respectivamente).

- Coliformes Totais e Termotolerantes e outros parâmetros microbiológicos Os parâmetros microbiológicos avaliados para o Cemitério Municipal Água Verde foram coliformes totais, coliformes termotolerantes, bactérias heterotróficas, *Salmonella* e clostrídio sulfito redutor. O grupo coliforme é considerado o principal indicador de contaminação fecal, associado às fezes de animais homeotermos e com o solo, sendo o coliforme termotolerante o mais significativo por se tratar de bactérias restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente (CETESB, 2008).

Os resultados destes parâmetros para o Cemitério Municipal Água Verde apontaram uma possível ocorrência de interferência externa à área devido às alterações registradas nos poços de monitoramento ditos de montante em relação ao sentido de fluxo das águas subterrâneas, refletindo as condições em que o empreendimento está submetido e o contexto local no qual a área está inserida. Somado a este fato, é

necessário considerar que os níveis do lençol freático são altos, praticamente aflorantes em alguns pontos, incorrendo na possibilidade da influência da qualidade das águas do curso hídrico canalizado na área do cemitério ou ainda, estar relacionada à possibilidade de ligação clandestina de esgotos, contaminando diretamente o rio.

Para os anos amostrados, coliformes totais e termotolerantes foram detectados na maioria das campanhas de amostragem. Segundo o Ministério da Saúde, o padrão de potabilidade em relação a estes organismos é de ausência em 100 mL. Observou-se, no entanto, que algumas amostras resultaram em valores absolutos elevados e outras abaixo do limite de detecção do método utilizado, sendo possível identificar diferenças metodológicas adotadas nos relatórios analíticos consultados. Demonstra-se, portanto, a necessidade de padronizações analíticas em campanhas futuras, para que estes parâmetros possam ser analisados de forma segura e integrada aos demais.

Martins *et al.* (1991), em trabalho realizado no Cemitério Vila Formosa (São Paulo), apresentaram um exemplo de caso em que a geologia local desempenha um papel de filtro natural, retendo microrganismos e matéria orgânica no solo, devido à alternância de solos argilosos e areno-argilosos. Contudo, apesar da composição do solo do Cemitério Municipal Água Verde ser bastante similar ao Cemitério Vila Formosa, os níveis de água mais aflorantes no Água Verde não garantem que haja uma coluna de solo suficiente para o bom desempenho como filtro. A presença de coliformes termotolerantes associados à água relaciona-se à existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera (von SPERLING, 1996).

Outro indicador utilizado para verificar as condições higiênicas corresponde às bactérias heterotróficas, que utilizam os compostos orgânicos como fonte de carbono. Sua presença pode indicar uma condição de aerobiose maior, sugerindo a passagem de matéria orgânica para o lençol freático, onde as proteínas seriam convertidas a nitrato, que se acumula na água subterrânea (MARTINS *et al.*, 1991). Embora não sejam consideradas patogênicas, quando presentes em nível elevado podem constituir risco à saúde (ESPINDULA, 2008; MARTINS *et al.*, 1991). Os resultados das campanhas realizadas indicam elevadas concentrações deste tipo de bactéria heterotrófica, que caracterizam anaerobiose, favorecendo a desnitrificação do nitrato, levado a nitrogênio.

Para avaliar o risco da presença de microrganismos patogênicos nas águas subterrâneas, tem sido também utilizado o indicador *Salmonella*. Sua presença está relacionada a doenças infecciosas gastro-intestinais de relevância para saúde pública. Os resultados das campanhas de 2007 e 2009 indicaram ausência desta bactéria.

E, por fim, outro parâmetro microbiológico analisado foi o indicador clostrídio sulfito redutor, cuja avaliação pode sugerir poluição mais antiga, por ser mais resistente às condições ambientais adversas, prolongando sua permanência no meio (MARTINS *et al.*, 1991). Os resultados das análises de clostrídio sulfito redutor no ano de 2007 apontam a presença desta bactéria em algumas amostras, o que remete a uma preocupação, em especial no que se refere à utilização de poços artesianos nas áreas de entorno do cemitério, já que o Plano de Controle Ambiental registrou a existência de um poço à jusante no entorno imediato. Segundo Martins *et al.* (1991), não se pode afirmar, entretanto, que a presença desta bactéria esteja relacionada ao processo de putrefação, mas tão

somente que este organismo poderia compor mais um indicador para avaliação das águas subterrâneas.

Avaliação da Vulnerabilidade dos aquíferos

As quatro áreas deste estudo estão assentadas basicamente sobre duas geologias predominantes, Formação Guabirotuba (FG) e Embasamento Cristalino (EC). A Formação Guabirotuba é composta por bancos pouco consolidados de argilas, arcósios, depósitos rudáceos (conglomeráticos) e de finos depósitos carbonáticos (caliches), bem como areias arcoseanas e cascalhos (SALAMUNI; STELLFELD, 2001; SALAMUNI *et al.*, 2004). O Embasamento Cristalino é composto por rochas metamórficas de alto grau, compostas por grande variedade litológica, indicada pela ocorrência de gnaisses, migmatitos e subordinadamente, xistos, quartzitos, ultrabásito, metabásito e anfíbolito (MINEROPAR, 2006 apud CURITIBA, 2011a; TALAMINI NETO, 2001).

O Cemitério Municipal São Francisco de Paula está assentado sobre duas unidades geológicas distintas, que são o Complexo Atuba (Embasamento Cristalino) e a Formação Guabirotuba (Figura 1), sendo a primeira em menor proporção de área. Basicamente os solos da Formação Guabirotuba possuem uma composição mineralógica mais expressiva de argilas, sendo comum a presenças de siltes e areias inconsolidadas. Os resultados dos ensaios de permeabilidade da área apontam para uma condutividade hidráulica na área entre $8,2 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$ e $8,5 \times 10^{-7} \text{ cm.s}^{-1}$ e uma velocidade aparente de fluxo entre $15,97 \text{ m.ano}^{-1}$ e $0,17 \text{ m.ano}^{-1}$ (CURITIBA, 2008c). Isto indica que os solos da área são mais impermeáveis, o que pode dificultar a percolação de efluentes para as camadas mais profundas e, assim,

proteger as águas subterrâneas de possíveis contaminações externas.

O Cemitério Municipal Água Verde, por sua vez, está assentado numa área basicamente da Formação Guabirotuba, com predominância de argilas a siltes, e ocasionalmente lentes de arcóseo, que são sedimentos inconsolidados. Os ensaios de campo para o Plano de Controle Ambiental resultaram em condutividade hidráulica (k) média de $9,90 \times 10^{-6} \text{ cm.s}^{-1}$ e a velocidade média de fluxo subterrâneo é de $0,14 \text{ m.ano}^{-1}$ (CURITIBA, 2008a). O Cemitério Municipal Boqueirão encontra-se sobre duas unidades geológicas distintas: Embasamento Cristalino e Formação Guabirotuba. A condutividade hidráulica (k) observada foi de $2,9398 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$ (CURITIBA, 2007).

Já o Cemitério Municipal Santa Cândida, localizado no outro extremo da cidade, apresenta-se assentado, em sua maior parte, sobre o Embasamento Cristalino e em proporções menores sobre a Formação Guabirotuba. Os resultados de ensaios indicaram que a área possui condutividade hidráulica (k) entre $3,3 \times 10^{-5}$ e $1,7 \times 10^{-6} \text{ cm.s}^{-1}$ e velocidade de fluxo subterrâneo entre $0,44 \text{ m.ano}^{-1}$ e $8,61 \text{ m.ano}^{-1}$ (CURITIBA, 2008b).

A condutividade hidráulica de todas as áreas variou entre $3,3 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$ e $8,5 \times 10^{-7} \text{ cm.s}^{-1}$, resultados que indicam uma baixa condutividade, dificultando a migração de contaminantes. A exceção é para o Cemitério Municipal Santa Cândida que, por estar assentado em sua maior parte sobre o Embasamento Cristalino com possibilidade de rochas mais aflorantes, pode representar um fator de risco para eventos de contaminação de aquífero profundo.

Tabela 2 – Características físicas dos poços de monitoramento dos Cemitérios Municipais de Curitiba (CURITIBA, 2007, 2008b, 2008c, 2008d)

POÇOS	COTA (m)	PROFUNDIDADE (m)	NÍVEL DE ÁGUA (m)		CARGA HIDRÁULICA (m)	
			2008	2009	2008	2009
SF-01	929,01	5,08	4,09	0,95	924,92	928,06
SF-02	936,9	5,32	2,08	2,5	934,82	934,4
SF-03	927,51	5,95	4,73	3,5	922,78	924,01
SF-04	922,73	6,1	3,22	3,3	919,51	919,43
SF-05	923,26	9,48	9,87	ND	913,39	ND
SF-06	921,1	7,9	8	ND	913,2	ND
SF-07	930,5	11,75	10,88	10,6	919,62	919,9
SF-08	922,87	7,89	4,58	2,67	918,29	920,2
SF-09	923,22	5,16	1,27	1,27	921,95	921,95
AV-01	918	10,22	1,54	1,62	916,46	916,38
AV-02	918	8,44	0,82	0,98	917,18	917,02
AV-03	908	4,23	1,44	1,44	906,56	906,56
AV-04	903	5,34	0,78	1,16	902,22	901,84
AV-05	911	7,85	3,57	3,65	907,43	907,35
AV-06	913	6,61	0,82	0,83	912,18	912,17
AV-08	906	9,83	1,32	1,3	904,68	904,7
AV-09	907	8,09	1,22	1,15	905,78	905,85
AV-10	908	NE	1,78	ND	906,22	ND
AV-11	907	NE	2,36	ND	904,64	ND
BQ-01	922	5,97	6,6	5	915,4	917
BQ-02	920,5	10	5,68	6,9	914,82	913,6
BQ-03	919,87	4,93	5,55	2,9	914,32	914,32
BQ-04	ND	6,38	ND	4,4	ND	ND
PP-01	919,62	NE	5,1	ND	914,52	ND
PP-02	921,8	NE	6,55	ND	915,25	ND
PP-03	920,72	NE	5,54	ND	915,18	ND
BQ-06	919,87	3,48	ND	2,6	ND	917,27
BQ-08	918,5	7,34	ND	4,5	ND	914
BQ-09	919,93	6,24	3,15	3,1	916,78	916,83
BQ-09A	921,45	NE	3,3	7,3	918,15	915,15
BQ-09B	919,93	NE	2,9	7,1	917,03	912,83
SC-01	951,37	6,47	3,17	1	948,2	950,37
SC-02	944,5	5,21	4,24	Seco	940,26	ND
SC-03	931	5,41	ND	ND	ND	ND
SC-04	924,99	3,1	1,69	2,39	923,3	922,6
SC-05	926,69	3,96	2,94	2,44	923,75	924,25
SC-07	935,5	10,82	Seco	7,07	ND	928,43
SC-08	934,93	8,84	9,01	ND	925,92	ND
SC-09	934,4	6,63	6,94	3,2	927,46	931,2
SC-10	938,32	5,64	3,89	2,75	934,43	935,57
SC-11	929,72	0,95	2,88	Seco	926,84	ND

ND = informação não disponível; NE = informação não encontrada

As condições dos níveis de água subterrânea e a respectiva carga hidráulica para as poços de monitoramento para as amostras de 2007 e 2008 estão apresentadas na Tabela 2.

De acordo com os resultados obtidos pelo método GOD, as quatro áreas estão assentadas em solo, cujas águas subterrâneas podem estar classificadas quanto à vulnerabilidade variando desde

insignificante à alta, como pode ser visualizado no quadro síntese na Tabela 3.

A área mais vulnerável quanto à contaminação das águas do aquífero freático é o Cemitério Municipal Santa Cândida. O Embasamento Cristalino é uma formação geológica que pode conter falhas geológicas, ditas fraturas, e facilitar a contaminação do aquífero profundo. A parte sobre a Formação Guabirotuba indicou uma

condição moderada à suscetibilidade, em razão das características predominantes que conferem um arranjo impermeável e de semi-confinamento.

Cabe destacar que o Santa Cândida é o segundo maior cemitério municipal de Curitiba, em área e em número de túmulos e sua concepção de implantação prejudica a percepção visual dos danos e dos problemas de vazamento. Desta forma, a realização das campanhas

Tabela 3 – Avaliação do índice de vulnerabilidade do aquífero freático nos Cemitérios Municipais de Curitiba, aplicando-se o método GOD (CURITIBA, 2007, 2008a, 2008b, 2008c)

Aquífero (G)	Critério	SF		AV	BQ		SC	
		EC	FG	FG	EC	FG	EC	FG
		20 a 100m	1,20 a 11m		20 a 100m	5 a 20m	todas	<5m
Substrato geológico (O)	GOD	0,5	0,9 – 0,8	0,6	0,50	0,80	1,0	0,90
	Critério	confinado	livre-coberto	não confinado	confinado	semi-confinado	livre	Livre
Profundidade do teto do aquífero (D)	GOD	0,2	0,6	0,9	0,20	0,40	0,90	0,70
		0,6 a 0,7	0,6 a 0,5	0,90	0,60	0,70	0,60	0,55
Índice Vulnerabilidade		0,06 a 0,07 Insignificante	0,24 – 0,32 Baixa a moderada	0,49 Moderado	0,06 a 0,07 Insignificante	0,224 Baixa	0,54 Alta	0,34 Moderada

SF = São Francisco de Paula; AV = Água Verde; BQ = Boqueirão; SC = Santa Cândida; EC = Embasamento Cristalino; FG = Formação Guabirotuba

de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, para detectar as alterações, significa antecipar a possível contaminação das águas subterrâneas. A fiscalização dos jazigos quanto às condições de manutenção também deve ser feita de forma efetiva, uma vez que a responsabilidade é do cessionário, e ao poder público, cabe orientar e resguardar o direito de todos a um ambiente saudável.

O Cemitério Municipal Boqueirão corresponde à área menos vulnerável em relação à contaminação das águas subterrâneas (vulnerabilidade baixa a insignificante). Esta condição é atribuída, principalmente, pelo favorecimento do semi-confinamento das camadas argilosas, que as tornam naturalmente impermeáveis, minimizando a dispersão de contaminantes.

Apesar disto, sua fragilidade ambiental reside nas condições desfavoráveis de manutenção, sendo este o cemitério cujo número de danos por jazigos foi maior. Destaca-se a presença de rachaduras e de revestimentos parcialmente comprometidos, o que favorecem a infiltração da água de chuva, a circulação de vetores, carreamento do lixiviado, e, em longo prazo, infiltrações internas podem ocorrer e propiciar o contato do necrochorume com o solo e água. Neste caso também, a ação do

poder público deve ser mais efetiva e eficaz, pois os cessionários têm a obrigação de manter seus jazigos em condições mínimas que garantam sua integridade.

Diferentemente dos demais, o Cemitério Municipal Água Verde está assentado basicamente da Formação Guabirotuba, o que dificulta a percolação de efluentes para as camadas mais profundas pela presença das argilas. Pacheco e Batello (2000) e Silva (1998) destacam que, quanto menos profundo for o nível do aquífero freático, mais suscetíveis à inundação estão as sepulturas, tornando o aquífero vulnerável às contaminações pelo transporte de vetores químicos e microbiológicos contidos no necrochorume. Esta condição de vulnerabilidade pode ser agravada se considerada a ocorrência de danos nas tampas dos jazigos em áreas suscetíveis à inundação.

O Cemitério Municipal São Francisco de Paula está assentado sobre Embasamento Cristalino e Formação Guabirotuba, e os resultados dos ensaios de permeabilidade revelam que os solos presentes na área são mais impermeáveis, o que pode dificultar a percolação de efluentes para as camadas mais profundas e, assim, proteger as águas subterrâneas de possíveis contaminações externas. Mesmo que os níveis de água na maioria dos poços de

monitoramento apresentem-se em profundidades maiores, a parte assentada na Formação Guabirotuba consiste em níveis mais aflorantes, sendo conseqüentemente de suscetibilidade maior.

Entre as quatro áreas avaliadas, este é o cemitério que apresentou o menor índice de danos por jazigos, destacando-se a predominância de revestimentos de jazigos com rocha ornamental, acabamento mais durável em relação à ação de intempéries, bem como ter visitação constante da população atraídas pelo valor histórico-cultural da área e pelas personalidades de destaque ali sepultadas, e a presença da administração municipal dos cemitérios. Além disto, foram identificados danos que podem ser agravados ao longo do tempo como revestimentos parcialmente comprometidos, ausência de pintura convencional e a presença de vegetação junto à base, fatos que contribuem para vulnerabilidade.

CONCLUSÃO

Foram avaliados os quatros cemitérios municipais de Curitiba quanto aos aspectos construtivos e vulnerabilidade das águas subterrâneas. Nos aspectos construtivos, observou-se que a falta de manutenção nos jazigos é preocupante, uma vez que 56,06% ou 18.014 jazigos apresentam um ou

mais danos, sugerindo um baixo índice de conservação e manutenção dos espaços, o que compromete a operação adequada da área.

Os índices obtidos no Boqueirão (3,56) sugerem uma situação de abandono em áreas pontuais, e nos cemitérios Água Verde (2,38) e Santa Cândida (2,15), um abandono geral das áreas. O índice do São Francisco de Paula (2,07) indica uma melhor condição de conservação e manutenção dada pelos permissionários. Além disso, a falta de manutenção em geral, destacada pela presença de rachaduras e revestimento parcialmente comprometido, favorece infiltração, carreamento de lixiviado, circulação de vetores, acentuando a fragilidade ambiental.

Quanto à verificação da contaminação do aquífero freático por necrochorume no Cemitério Municipal Água Verde, os resultados das amostras das campanhas de monitoramento sugerem, em parte, reflexos de atividades externas, não associadas ao cemitério. As características químicas naturais do aquífero Guabirota também marcaram os resultados dos parâmetros físico-químicos analisados.

Em relação à vulnerabilidade das águas subterrâneas, das quatro áreas analisadas, concluiu-se que o Cemitério Municipal Santa Cândida apresentou a mais alta vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas. O Cemitério Municipal Água Verde apresentou a maior vulnerabilidade de contaminação por possuir níveis do aquífero freático mais aflorantes. Levando-se em consideração o índice de danos múltiplos por jazigo no Cemitério Municipal Água Verde e a vulnerabilidade de contaminação da área, decorrente do tipo de formação geológica, verificou-se a necessidade de uma ação imediata nos jazigos danificados identificados, por possibilitarem a contaminação por decomposição humana.

O acompanhamento e fiscalização da evolução da situação dos jazigos críticos são práticas de gestão que necessitam ser fortalecidas em áreas cemiteriais, como procedimentos para a minimização de problemas ambientais. A arquitetura destas áreas deve ser revista de modo amplo, incluindo a avaliação quanto à suscetibilidade de contaminação decorrente dos níveis de água mais aflorantes e, assim, compatibilizando o projeto de implantação dos espaços a condições ambientais adequadas.

REFERÊNCIAS

American Public Health Association – APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20 ed Washington, DC, 1998.

CAMPOS, A. P. S. **Avaliação potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrentes de atividade cemiterial**. São Paulo, SP. Originalmente apresentada como dissertação de pós-graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2007, 105 p.

CETESB. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. In: **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**, Apêndice A. São Paulo, 2008, 40 p.

CONAMA. Resolução nº 335, de 03 de abril de 2003. Licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, DF, 5 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>. Acesso em: 12 de novembro de 2012.

CONAMA. Resolução nº 368, de 28 de março de 2006. Altera dispositivos da Resolução nº 335 que

dispõe sobre licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, DF, 2 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>. Acesso em: 12 de novembro de 2012.

CONAMA. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Brasília, DF, 11 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>. Acesso em: 02 de novembro de 2012.

CONAMA. Resolução nº 402, de 17 de novembro de 2008. Altera os artigos 11 e 12 da Resolução nº 335, de 03/04/2003, que dispões sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Brasília, DF, 1 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>. Acesso em: 12 de novembro de 2012.

CURITIBA. IPPUC. **Curitiba em Dados**. Paraná, 2008a, 504 p.. Disponível em: <http://ippuc.org.br>. Acesso em: 05 de novembro de 2012.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Plano de Controle Ambiental do Cemitério Municipal do Boqueirão**. Curitiba, 2007.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Plano de Controle Ambiental do Cemitério Municipal de Água Verde**. Curitiba, 2008b.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Plano de Controle Ambiental do Cemitério Municipal de Santa Cândida**. Curitiba, 2008c.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Plano de Controle Ambiental do Cemitério Municipal**

de São Francisco de Paula. Curitiba, 2008d.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Monitoramento da qualidade da água do aquífero freático nos cemitérios municipais do Água Verde, Boqueirão, Santa Cândida e São Francisco de Paula.** Curitiba, 2008e.

CURITIBA. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Monitoramento da qualidade da água do aquífero freático nos cemitérios municipais do Água Verde, Boqueirão, Santa Cândida e São Francisco de Paula.** Curitiba, 2009f.

CURITIBA. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Estudo de impacto ambiental da Linha Azul – Santa Cândida / CIC Sul do Sistema de Metrô de Curitiba no eixo norte / sul da rede integrada de transportes.** Curitiba, 2011a.

CURITIBA. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Decreto Municipal nº 1080, de 05 de julho de 2011. Aprova o regulamento sobre licenciamento ambiental de cemitérios e estabelece requisitos, condições técnicas, no que tange à proteção e conservação do ambiente, em particular do solo e das águas subterrâneas. **Diário Oficial do Município**, Poder Executivo, Curitiba, PR, 05/07/2011, 15p, 2011b.

DUARTE, D. M. **Manaus entre o passado e o presente.** Manaus: Edições Mídia Ponto Comm, 2009, p. 142-153.

DUDEQUE, I. T. **Nenhum dia sem uma linha:** uma história do urbanismo em Curitiba. São Paulo: Studio Nobel, 2010, 428 p.

ENVIRONMENT AGENCY. **Assessing the groundwater pollution potential of cemetery developments.** Inglaterra, 20 p., 2004. Disponível em: <http://publications.environment->

agency.gov.uk/pdf/SCHO0404BGLA-e-e.pdf. Acesso em: 12 de dezembro de 2012.

ESPINDULA, J. C. **Caracterização Bacteriológica e Físico-química das águas do Aquífero Freático do Cemitério da Várzea – Recife.** Recife, PE. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2004, 130 p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Noções de Hidroquímica.** In: Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPe, 2000, p. 81 – 108.

FENIANOS, E. E. **São Francisco:** Uma história de monumentos. Curitiba: Editora UniverCidade, 1998, 54 p., (Coleção Bairros de Curitiba, 14).

FENIANOS, E. E. **Boqueirão, Alto Boqueirão, Hauer:** Gigantes pela própria natureza. Curitiba: Editora UniverCidade, 2000, 50 p., Coleção Bairros de Curitiba, 22.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola;** n. 22, p. 10-16, 2005.

FRASCÁ, M. H. B. O. **Caracterização tecnológica de rochas ornamentais e de revestimento: estudo por meio de ensaios e análises e das patologias associadas ao uso.** São Paulo, 15 p., s/d. Disponível em: http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos_palestras/Curso_Caracterizacao_TecndeRochas.htm. Acesso em: 12 de novembro de 2012.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Protección de la calidad del agua subterránea:** Guia para empresas de água, autoridades municipales y agencias

ambientales. Washington, D.C.: Banco Mundial, [2002], 115 p.

FOUCALT, M. **O nascimento da medicina social.** In: Microfísica do Poder. Rio de Janeiro, RJ: Edições Graal, 2001, p. 79-98.

INSTITUTO DAS ÁGUAS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Diagnóstico das disponibilidades hídricas subterrâneas - parte B.** Curitiba, 2010. Disponível em: http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PLERH/Produto1_2_Parte B_RevisaoFinal.pdf. Acesso em: 02 de novembro de 2012.

MARION, F. A.; CAPOANE, V.; SILVA, J. L. S. Avaliação da qualidade da água subterrânea em poço no campus da UFSM, Santa Maria - RS. **Revista Ciência e Natura** n. 29, p. 97-109, 2007.

MARTINS, M. T.; PELLIZARI, V. H.; PACHECO A.; MYAKI, D. M.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N. R. S.; MENDES, J. M. B.; HASSUDA, S. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 47-52, 1991

MATOS, B. A. **Avaliação da Ocorrência e do Transporte de Microrganismos no Aquífero Freático do cemitério Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo.** São Paulo, SP. Originalmente apresentado como tese de doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2001, 113 p.

MIGLIORINI, R. B. **Cemitérios como fonte de poluição de aquíferos:** Estudo do Cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo. São Paulo, SP. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1994, 74 p.

MIGLIORINI, R. B.; SILVA, E. C.; SALOMÃO, F. X. T.; VECCHIATO, A. B.; SHIRAIWA, S.; MOURA, I. B.; LIMA, Z. M.; ZEILHOFER, L. V. A. C. **Cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas.** Região de Cuiabá e Várzea Grande – MT. Brasília: FUNASA, 2007, 118 p.

MS. Ministério da Saúde. Portaria nº 518/GM, 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 responsabilidades. **DOU**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26/03/2004. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf> . Acesso em: 12 de novembro de 2010.

MULLER, C. V. **Análise hidrogeoquímica no município de Curitiba - Paraná.** Curitiba, PR. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado em Geologia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, 2007, 151 p.

NEIRA, D. F.; TERRA, V. R.; PRATTE-SANTOS, R.; BARBIÉRI, R. Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas de cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil. **.Net**, Espírito Santo, 2008 Disponível em: <www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/07_NeiraDFetal_3641.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2012.

PACHECO, A.; BATELLO, E. A. influência de fatores ambientais nos fenômenos transformativos em cemitérios. **Revista Engenharia e Arquitetura** n. 2, p. 32-39, 2000.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA nº 019, de 04 de maio de 2004. Estabelece requisitos e condições técnicas para a

implantação de cemitérios destinados ao sepultamento, no que tange à proteção e à preservação do ambiente, em particular do solo e das águas subterrâneas. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Poder Executivo, Curitiba, PR, 11/05/2004, 7 p.

ROMANÓ, E. N. de L. Cemitérios: passivo ambiental medidas preventivas e mitigadoras. In: SIMPÓSIO NACIONAL E CONGRESSO LATINO AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 6., 2004, Curitiba. Paraná: CIETEP, 2004. Disponível em: http://www.sobrade.com.br/eventos/2005/visinrad/palestras/elma_romano_cemiterio.pdf . Acesso em: 12 de novembro de 2012.

SALAMUNI, E.; STELLFELD, M. C. Banco de dados geológicos georeferenciados da bacia sedimentar de Curitiba (PR) como base de sistema de informação geográfica (SIG). **Boletim Paranaense de Geociências** n. 49, p. 21-31, 2001.

SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; HASUI, Y. Morfotectônica da bacia sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências** n. 4, p. 469-478, 2004.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALLI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências** n. 4, p. 812-820, 2007.

SILVA, L. M. Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE HIDROLOGIA SUBTERRÂNEA, 1998, Montevideo. Uruguai: ALHSUD, 1998, v. 2, p. 667-681.

SILVA, R. W. da C.; MALAGUTTI FILHO, W. Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas.

Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n. 9, p. 26-35, 2008

TALAMINI NETO, E. **Caracterização geotécnica do subsolo de Curitiba para o planejamento de ocupação do espaço subterrâneo.** São Carlos, SP. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2001, 223 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, 243 p.

Recebido em: dez/2013
Aprovado em: jun/2014