

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

AValiação de Risco de Contaminação do Lençol Freático por Necrochorume e Discussão de Possíveis Soluções

Lisandra Lima¹; Weslei Brito Barroquela²; Batriz de Mello Massimino³ & Paulo César Lodi⁴

RESUMO – Sabendo-se da importância da água para as sociedades humanas, como recurso hídrico, os aquíferos têm despertado alto grau de interesse ambiental para sua preservação, portanto, tem surgido a necessidade de monitoramento das águas subterrâneas que até pouco tempo a preocupação era apenas com as águas superficiais. Uma avaliação dos perigos de contaminação do aquífero é necessária para definir, de forma mais clara, as ações requeridas para proteger a qualidade da água subterrânea. Com a decomposição de corpos humanos há a geração dos efluentes cadavéricos, chamados de necrochorume. O lençol freático pode vir a ser contaminado pelo necrochorume acarretando sérios problemas de saúde pública. A toxicidade química do necrochorume diluído na água freática relaciona-se aos teores anômalos de compostos das cadeias do fósforo e do nitrogênio, metais pesados e amins. A contaminação pode ser evitada, se tomadas as devidas medidas preventivas, tal como o gerenciamento ambiental correto na instalação do cemitério. No entanto, depois de constatada a contaminação do lençol, as medidas mitigadoras tornam-se ineficazes, sendo possível, somente o controle e o monitoramento das águas subterrâneas. Portanto, como medida sanitária ideal para a prevenção da contaminação do lençol freático pelo necrochorume, é definida a cremação dos corpos humanos.

ABSTRACT – Knowing the importance of water for human societies, such as water resources, the aquifers has aroused a high degree of environmental interest for its preservation, therefore, has emerged the need for monitoring of groundwater that until recently the concern was only with surface waters. An assessment of the dangers of contamination of the aquifer is required to define more clearly, the actions required to protect the quality of groundwater. With the decomposition of human bodies there is the generation of so-called cadaverous effluents. The groundwater can be contaminated by cadaverous effluents causing serious public health problems. The chemical toxicity of the groundwater water diluted cadaverous effluents relates to anomalous levels of compounds of phosphorus and nitrogen, heavy metals and amines. The contamination can be avoided, if taken the necessary preventive measures, such as the correct installation of environmental management in the cemetery. However, after the contamination of the water, the mitigating measures become ineffective, being possible, only the control and monitoring of groundwater. Therefore, as a sanitary measure ideal for the prevention of contamination of groundwater by cadaverous effluents, is set the cremation of human bodies.

Palavras chave: Recursos hídricos, águas subterrâneas e necrochorume.

¹) Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS-UNESP, Avenida Brasil, 56 - Centro CEP: 15385-000 Ilha Solteira- SP PABX: (18) 3743-1000, lisandra-lima@hotmail.com

²) Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS-UNESP, Avenida Brasil, 56 - Centro CEP: 15385-000 Ilha Solteira-SP PABX: (18) 3743-1000, weslei.brito@hotmail.com

³) Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS-UNESP, Avenida Brasil, 56 - Centro CEP: 15385-000 Ilha Solteira-SP PABX: (18) 3743-1000, beatrizmassimino@hotmail.com

⁴) Faculdade de Engenharia de Bauru – FEB-UNESP, Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube 14-01 Vargem Limpa CEP: 17033-360 - Bauru-SP, PABX: (14) 3103-6000, plodi@feb.unesp.br

1. INTRODUÇÃO

1.1. Lençol freático

A água é um excelente solvente e pode conter inúmeras substâncias dissolvidas. Ao longo do seu percurso a água vai interagindo com o solo e formações geológicas, dissolvendo e incorporando substâncias. Por esta razão, a água subterrânea é mais mineralizada (tem mais minerais) que a água de superfície.

A água subterrânea pode ocorrer tanto em rochas duras como em depósitos sedimentares não consolidados, bem como em sedimentos de maior ou menor consistência. Na realidade, qualquer tipo de rocha, ígnea, sedimentar ou metamórfica, desde que seja suficientemente porosa e permeável, pode constituir um aquífero. Os aquíferos desempenham duas importantes funções: armazenamento e transmissão. Assim, funcionam como reservatórios e condutores (CETESB, 1978).

Brouyère *et al.* (2004), a partir de observações de campo, concluíram que os mecanismos de recarga dos lençóis freáticos e aquíferos são controlados principalmente por fluxo gravitacional durante os eventos de chuva. Desta forma, o modo pelo qual a água se movimenta no planeta, as características de cada local e outros fenômenos, podem ser explicados pelo ciclo hidrológico.

A água pluvial, ao atingir o solo, pode escoar superficialmente até atingir os corpos d'água ou infiltrar até atingir o lençol freático e aquífero; pode também abastecer diretamente os corpos d'água através da precipitação sobre eles. Estudos de monitoramento são conduzidos com a finalidade de se avaliar a sensibilidade do lençol freático e do aquífero à contaminação. (SILVA *et al.*, 2007).

1.2. Cemitérios

Os cemitérios nada mais são do que depósito de corpos humanos, que necessitam de uma destinação correta, pois a degradação dos mesmos pode se constituir em focos de contaminação. A decomposição dos corpos depende das características físicas do solo onde o cemitério está implantado ou será implantado (PACHECO, 1997 *apud* ROMANÓ, 2008).

Romanó (2008) destacou que o crescimento populacional tem gerado a necessidade da construção de mais cemitérios, muitas vezes construídos em locais inadequados. O autor ainda acrescenta que devido à falta de planejamento e metodologia adequada, os cemitérios que no passado se localizavam em locais distantes das cidades, hoje fazem parte dela, o que propicia o aparecimento de áreas de risco potencial ao meio ambiente.

Dentro de uma política ambiental que objetiva preservar o solo e os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, ressalta-se a necessidade de normas técnicas para a implantação de empreendimentos com potencial poluidor. Neste contexto, os cemitérios envolvem uma

problemática intrinsecamente vinculada à saúde pública e à qualidade ambiental, dado o comprometimento potencial a que estão sujeitos os solos e as águas (CETESB, 1999).

1.3. Necrochorume

Existe um tipo de efluente, não muito conhecido pela população em geral, que pode contaminar tanto águas superficiais, quanto o lençol freático, o chamado necrochorume. Com a decomposição de corpos humanos há a geração dos chamados efluentes cadavéricos, cujos primeiros a surgirem são os gasosos, seguindo-se os líquidos. Os efluentes líquidos são chamados de necrochorume sendo estes mais viscosos do que a água, com padrão de cor acinzentada a acastanhada, com cheiro acre e fétido, constituído por 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas degradáveis. Segundo Smith et al. apud Migliorini (1994), a decomposição dessas substâncias orgânicas pode produzir diaminas, como a cadaverina ($C_5H_{14}N_2$) e putrescina ($C_4H_{12}N_2$) que podem ser degradadas gerando NH_4^+ .

Ao longo do tempo, o necrochorume no meio natural decompõe-se e é reduzido a substâncias mais simples e inofensivas. Entretanto, em determinadas condições geológicas, o necrochorume atinge o lençol freático, provocando contaminação (ROMANÓ apud FOFONKA e KUNT, 2010).

2. OBJETIVOS

Os objetivos desta pesquisa são de definir e avaliar os riscos de contaminação do lençol freático por necrochorume e discutir possíveis soluções para tal problema.

3. IMPACTOS AMBIENTAIS

3.1. Importância ambiental dos aquíferos

Sabendo-se da importância da água para as sociedades humanas, como recurso hídrico, os aquíferos têm despertado alto grau de interesse ambiental para sua preservação, portanto, tem surgido a necessidade de monitoramento das águas subterrâneas que até pouco tempo a preocupação era apenas com as águas superficiais.

Segundo Foster *et al.* (2006), de maneira generalizada, no passado, os recursos hídricos subterrâneos estiveram abandonados à própria sorte. Os que dependiam de tais recursos para atender ao abastecimento de água potável não tomaram nenhuma medida significativa para assegurar a qualidade da água bruta, nem empenharam esforços adequados para avaliar o perigo de contaminação potencial.

Foster *et al.* (2006) ainda acrescentou que a avaliação dos perigos de contaminação do aquífero é necessária para definir, de forma mais clara, as ações requeridas para proteger a qualidade da água subterrânea. Se realizada pelas companhias de abastecimento de água, espera-se

que as autoridades municipais e órgãos de regulamentação tomem ações preventivas, para evitar contaminação futura, e ações corretivas, para controlar a ameaça de contaminação representada por atividades passadas e presentes, estabelecendo prioridades realistas e uma implementação eficiente.

3.2. Contaminação do lençol freático por necrochorume

Pacheco (1986) mostrou que o impacto físico mais grave está no risco de contaminação das águas subterrâneas por microrganismos que proliferam durante o processo de decomposição dos cadáveres e, posteriormente, pelo uso destas águas pela população. Diante disto, surgiu a necessidade de monitoramento das águas subterrâneas, pois até há pouco tempo a preocupação era apenas com as águas superficiais. Mas, Neira et al (2008) ressaltaram a importância da água para as sociedades humanas como recurso hídrico, enfocando que os aquíferos têm despertado alto grau de interesse ambiental para sua preservação.

O lençol freático, frente à sua importância para a preservação da vida, pode vir a ser contaminado pelo necrochorume acarretando sérios problemas de saúde à população. A toxicidade química do necrochorume diluído na água freática relaciona-se aos teores anômalos de compostos das cadeias do fósforo e do nitrogênio, metais pesados e amins.

Neira *et al.* (2008) observaram que de acordo com o estudo no cemitério de Santa Inês-ES, o impacto que um cemitério pode provocar ao meio ambiente pode ser relacionado a vários fatores. Em relação às análises físico-químicas realizadas, constatou-se a presença de compostos nitrogenados em índices elevados, inclusive nos valores encontrados para amônia, que indica poluição recente e refere-se ao primeiro estágio de decomposição da matéria orgânica.

Matos (2001) observou na avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aquífero freático do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, no município de São Paulo-SP, que a pesquisa de indicadores microbiológicos demonstrou a presença de bactérias heterotróficas, proteolíticas e clostrídios sulfito-redutores nas águas subterrâneas do cemitério e encontrou enterovírus e adenovírus.

Segundo Pires e Garcias (2008), se o aquífero freático for contaminado na área interna do cemitério, esta contaminação poderá fluir para regiões próximas, aumentando o risco de saúde nas pessoas que venham a utilizar desta água captada através de poços rasos.

Para os cemitérios, existem legislações vigentes que condicionam este tipo de empreendimento, em que são exigidos estudos prévios de viabilidade, identificando as condições do local, tipo de solo, localização e profundidade do lençol freático. Além disso, a obra deve ser feita verificando outros fatores de importância que o terreno necessite para a sua implantação. No Brasil, quase todos os estados apresentam legislação própria e específica quanto à implantação de cemitérios. Pode-se destacar o estado de São Paulo com a norma da CETESB – Norma Técnica

L1.040/ 1999, que inclui as exigências de estudos de impactos na área de implantação e apresenta os níveis de permeabilidade, além de formas de garantir a boa qualidade das águas subterrâneas e superficiais.

Essencialmente, para a garantia da proteção do lençol freático, deve-se fazer um estudo geológico-geotécnico e de observação, através dos quais, obtêm-se informações topográficas, litológicas, geológicas e estruturais, solos agrícolas, hidrogeológicos, drenagem superficial, capacidade de infiltração, corrosibilidade e qualidade do solo (PIRES e GARCIAS, 2008).

Ademais, apesar da legislação vigente a fim de estabelecer a proteção dos recursos hídricos e de inúmeras pesquisas realizadas com o necrochorume, com o intuito de alertar para seus riscos e consequências, parece ainda haver a contaminação das águas subterrâneas em muitos casos. Com isso, existe a necessidade de uma mobilização dos órgãos públicos municipais e estaduais no sentido de se promover a mitigação do processo de contaminação ou de propostas de eventuais soluções para tal problema.

4. POSSÍVEIS SOLUÇÕES

4.2 Medidas preventivas

A principal medida preventiva seria um gerenciamento integrado dos cemitérios em operação. O órgão responsável pela regulamentação da implantação de cemitérios é o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Na Resolução CONAMA Nº 368/2006 está previsto o impedimento da implantação de cemitérios em zonas de solos cársticos, pois nessas regiões pode haver cavernas, rios subterrâneos e sumidouros.

Para o nível das sepulturas, a Resolução CONAMA Nº 368/2006 prevê a localização de no mínimo a 1,5 m de altura acima do mais elevado nível do lençol freático.

A resolução ainda prevê que, para cemitérios horizontais que estão localizados em mananciais de abastecimento, deve ser implantado um sistema de drenagem que capte a água do terreno e encaminhe de forma segura para o corpo d'água, evitando erosões e carreamento de solo. O cemitério deve ser implantado em uma distância segura desse manancial e seu solo deve permitir baixa permeabilidade.

Para implantação de novos cemitérios, a Resolução CONAMA Nº 335/2003, estabeleceu critérios mínimos que devem ser integralmente obedecidos para o fornecimento da licença ambiental, também estabeleceu normas e parâmetros técnicos de instalação e funcionamento dos cemitérios.

A Resolução CONAMA Nº 335/2003 com as alterações dispostas na Resolução CONAMA Nº 368 estabeleceram algumas exigências na elaboração dos projetos de implantação, para proteção das águas subterrâneas da infiltração do necrochorume. Essas exigências devem ser apresentadas

durante as três fases do processo de licenciamento (Licença Prévia - LP, Licença de Instalação - LI e Licença Operação - LO) na Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que é o órgão responsável pelo licenciamento.

Na fase de LP, deverá ser apresentada a caracterização da área do empreendimento, compreendendo a localização do empreendimento, levantamento topográfico planialtimétrico, laudo de caracterização da cobertura vegetal, estudo demonstrando o nível máximo do lençol freático ao final da estação de maior precipitação pluviométrica e um estudo geotécnico; e o plano de implantação e operação do empreendimento. Na fase da LI, deverá ser apresentado projeto do empreendimento que deverá conter plantas, memoriais e documentos assinados por profissional habilitado. Na fase da LO deverá ser apresentado o projeto executivo contemplando as medidas de mitigação e de controle ambiental.

Após a obtenção das licenças ambientais, o cemitério pode entrar em operação, devendo ser renovada a LO a cada dois anos consecutivos conforme Decreto Estadual 8468 (1976).

Para a destinação de resíduos de cemitérios, é necessária a retirada do Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (CADRI), que representa um instrumento para o encaminhamento de resíduos a locais de armazenamento, tratamento ou disposição final, licenciados ou autorizados pela CETESB.

Outras medidas preventivas podem ser citadas, tais como os invólucros protetores que retêm os líquidos expelidos após o sepultamento. Autores como *Neira et al.* (2008) defendem a necessidade de se restringir o uso do solo, promover um sistema de drenagem adequado, controle sanitário nos sepultamentos e a preferência por crematórios como alternativa.

4.3. Medidas mitigadoras

As medidas mitigadoras, neste caso, não são muito eficazes, pois, uma vez comprovada a contaminação, torna-se difícil a recuperação deste local. Em regiões onde se há suspeita que a decomposição desses corpos esteja gerando a degradação do solo e do lençol freático, são feitos monitoramentos do comportamento desse resíduo e estudos de possíveis formas de controlar sua proliferação.

Para evitar o contínuo processo de contaminação das áreas, a cremação ou incineração de cadáveres, processo pelo qual o corpo sem vida é reduzido em cinzas, também é uma forma importante de diminuir a contaminação pelo necrochorume.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A morte é inevitável para o organismo vivo, mas a contaminação que a decomposição dos corpos humanos acarreta pode ser solucionada ou diminuída.

O gerenciamento ambiental dos cemitérios é de suma importância para a prevenção da contaminação do lençol freático pelo necrochorume, pois deve estabelecer critérios de controle ambiental. Também é necessário que os municípios estabeleçam um adequado planejamento do meio físico antes da implantação dos cemitérios e atendam às legislações ambientais.

Todavia, diante da dificuldade de se promover a mitigação do processo de contaminação, a medida sanitária ideal para a destinação dos corpos seria a cremação, uma técnica funerária que visa reduzir um corpo a cinzas através da queima do cadáver e que não acarreta maiores impactos negativos aos recursos naturais, inclusive ao lençol freático.

6. BIBLIOGRAFIA

BRASIL (1997). Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro 1997. “*Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.*” Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, 8 jan. 1997.

BROUYÈRE, S. *et al.* (2004) “*Migration of contaminants through the unsaturated zone overlying the Hesbaye chalky aquifer in Belgium: A field investigation.*” Journal of Contaminant Hydrology, v.72, n.1-4, p.135-164, 2004.

CETESB (1978). “*Água subterrânea e poços tubulares.*” 3ª edição. São Paulo, p. 24-30. 1978.

CETESB (1999). “*Norma Técnica: Implantação de Cemitérios, L1040*”, Governo do Estado de São Paulo, 1999.

CETESB (2012). “*Consulta de Licenciamento.*” Disponível em: <http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/cetesb/processo_resultado.asp> Acesso em 15 jun. 2012.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (2003). “*Resolução nº 335. De 3 de abril de 2003*”. Publicada no DOU nº 101, de 28 de maio de 2003, Ministério do Meio Ambiente.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (2006). “*Resolução nº 368. De 28 de março de 2006.*” Publicada no DOU nº 61, de 29 de março de 2006, Ministério do Meio Ambiente.

FOFONKA, L.; KUNT, P. C. (2010) “*Cemitérios: Potenciais fontes geradoras de impactos ambientais.*” Revista Educação Ambiental em Ação, 2010.

FOSTER, S. *et al.* (2006) “*Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais.*” Servmar – Serviços Técnicos Ambientais Ltda. São Paulo/SP, p.1, 2006.

MATOS, B. A (2001) “*Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismos no aquífero freático do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo.*” São Paulo, 2001. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

MIGLIORINI, R. B. (1994) “*Cemitérios como fonte de poluição de aquíferos. Estudo do cemitério Vila Formosa na bacia sedimentar de São Paulo-SP.*” 1994. 74p. (Dissertação – Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

NEIRA, D. F. *et al.* (2008) “*Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil.*” Revista Natureza On Line, 2008.

PACHECO, A. (1986) “*Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento.*” Revista do SPAM, 1986.

PACHECO, J. R.; PERALTA-ZAMORA, P. G. (2004) “*Integração de processos físico-químicos e oxidativos avançados para remediação de percolado de aterro sanitário (chorume).*” Revista Eng. Sanitária Ambiental, v.9, n. 4, p. 306-311. 2004.

PIRES, A. S.; GARCIAS, C. M. (2008) “*São os cemitérios a melhor solução para a destinação dos mortos?* Anais do IV Encontro Nacional da Anppas. Brasília/DF, 2008.

ROMANÓ, E.N.L. (2008) “*Cemitérios: Passivo ambiental, medidas preventivas e mitigadoras.*” Anais do VII Simpósio Nacional de Recuperação das Áreas Degradadas. Curitiba/PR, 2008.

SÃO PAULO (1976). Decreto Nº 8468 de 1976. “*Dispõe sobre licenciamento ambiental.*” Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, 1976.

SILVA, M. (2000) “*Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres.*” Revista Saneamento Ambiental, São Paulo, n. 71, 2000.

SILVA, M. A. S. *et al.* (2007) “*Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático.*” Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.11, n.1, p.108–114, 2007.