



Aplicação *in situ* de ferro metálico visando bioremediação em jazigos de zinco

E.G. da Costa

Cia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM – Residência de Fortaleza, zomim@fo.cprm.gov.br

Resumo Este trabalho refere-se a observações feitas em jazigos do Cemitério Parque da Paz, em Fortaleza - CE, com relação ao risco de manuseio de necrochorume e ossário, por ocasião da exumação, os quais, diante da alta patogenicidade, podem contaminar o solo, o coveiro e o aquífero, quando do possível lançamento dos líquidos humorosos na rede de esgoto ou disposição a céu aberto, feita em terreno situado nas imediações do cemitério. Tem o objetivo de chamar a atenção de proprietários de cemitérios, comunidades, órgãos públicos e principalmente, de coveiros da necessidade de manuseio e destinação final adequados desses resíduos, propondo aplicação de 6 a 10 kg *in situ* de ferro metálico, no ato do sepultamento, diretamente no caixão ou urna funerária, visando a bioremediação daqueles líquidos por meio da energia química liberada nas reações de oxi-redução que ocorrem quando do contato líquidos humorosos/ferro. O trabalho constou de observações expeditas de campo feitas durante os anos de 1999 e 2002 e consultas bibliográficas sobre o tema. Acredita-se, que, à semelhança do que ocorre com outros tipos de matéria orgânica, os microrganismos liberados, quando em contato com FeO ou Fe⁺⁺, sejam biotransformados em produtos finais menos perigosos ou em formas inócuas, tais como dióxido de carbono, cloretos e água.

Palavras-chave: biorremediação, necrochorume, líquidos humorosos, ferro metálico.

INTRODUÇÃO A contaminação, por líquidos humorosos, de águas subterrâneas captadas por meio de poços para consumo humano foi registrada inicialmente nas proximidades de Berlim, no período de 1863 a 1867, então responsável por pandemia de febre tifóide. A contaminação de águas subterrâneas ocorrida em Paris, captadas em poços tubulares localizados nas imediações de cemitérios (Pacheco *et al.* 1993), foi, igualmente, responsável pela perda de inúmeras vidas. Diante de tais registros, optou-se, então, pela construção de cemitérios ao ar livre, o mais distante possível do perímetro urbano. Por razões sanitárias, a legislação francesa do século passado já proibiu a instalação de poços tubulares a menos de 100 metros das paredes dos cemitérios e, na Inglaterra, as distâncias mínimas entre um cemitério e poços para abastecimento de água são, atualmente, de 91,4 metros.

O registro histórico de casos de aparecimento de doenças em habitantes residentes nas proximidades de cemitérios que, possivelmente, consumiam água contaminada proveniente da putrefação de corpos; os impactos paisagísticos e psicológicos causados pela presença de cemitérios nas grandes metrópoles e a importância da necessidade e escolha de locais adequados, afastados dos grandes centros, vêm despertando interesse pelo tema a ecologistas, a órgãos municipais e a empresas privadas.

No Brasil, estudos sobre contaminação por líquidos provenientes de cemitérios foram desenvolvidos por pesquisadores da USP, seguidos por pesquisadores de Belém e de Fortaleza (cemitério

S. João Batista). Abordam conceitos, métodos, piezometria de poços em cemitérios, utilização de traçadores para determinação de fluxo de corrente em subsuperfície, utilizando-se métodos geofísicos eletromagnéticos, SP e Eletroresistividade, avaliação de resultados de análises de amostras de solo e água coletadas dentro e nos arredores de cemitérios e outros, buscando um entendimento das susceptibilidades de contaminação das águas superficiais e subterrâneas por líquidos humorosos. Para esses estudos, os autores selecionaram microrganismos de contaminação fecal, patógenos e dois grupos de bactérias de degradação orgânica.

No caso de estudos realizados em três cemitérios de Belém, estado do Pará, foram desenvolvidas atividades visando coleta de amostras para determinação de contaminantes em manancial, comprovando-se que, em épocas chuvosas, as caixas mortuárias subiam naturalmente à superfície. Amostras coletadas diretamente nos poços ou por meio da canalização de bombeamento, num total de oito pontos selecionados, foram analisadas com foco nos seguintes parâmetros: pH, temperatura, nitratos, coliformes totais e fecais, estreptococos fecais, salmonelas, clostrídios sulfito-redutores e contagem padrão de bactérias heterotróficas. Resultados de pontos internos do cemitério não apresentaram poluição acentuada, todavia, os pontos externos amostrados mostraram valores significativos de coliformes totais e fecais, clostrídios e bactérias heterotróficas, justamente ao longo da direção do fluxo do lençol freático, determinado por métodos



geofísicos. Os três cemitérios foram interditados e os sepultamentos suspensos (Falcão Júnior *et al.* 1995).

Para o cemitério São João Batista, situado no Bairro do Pirambu, em Fortaleza, foi constatado, por intermédio de resultados de análises de água e solo, a contaminação do solo e do lençol freático, detectando-se avanço da pluma de contaminação para o mar.

Os cemitérios representam verdadeiros laboratórios naturais de decomposição da matéria orgânica. Já está comprovado por diversos estudos que sepultamentos de corpos diretamente no solo, ou mesmo acidentes de rachaduras em jazigos, representam risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais por microorganismos provenientes da sua decomposição, bem como de elementos químicos nocivos, vernizes e tintas provenientes dos caixões. Portanto, as águas subterrâneas e aquelas de mananciais podem biologicamente serem contaminadas quando entram em contato com os líquidos provenientes de cemitérios.

Legislação No Brasil, o estudo da ação contaminante das águas e solos por cemitérios é pouco difundido. A mais antiga legislação que trata da localização de cemitérios está contida no Ato 326, de 21 de março de 1932, da Prefeitura de S. Paulo, que disciplina a construção de novos cemitérios, apenas na cidade de S. Paulo. Em 10 de julho de 1986, a Câmara Municipal decretou a Lei número 10.096, que proíbe a construção de cemitérios nos espaços de proteção de mananciais (Pacheco 1986).

A antiga constituição do estado do Ceará possuía tópicos conservacionistas (Dispositivos: Art. 129, parágrafo único; Art. 135 e Art. 145). As Leis Orgânicas dos Municípios fazem menções no tocante à proteção ambiental, dos cuidados a serem tomados com referência à instalação de novos cemitérios, ou mesmo em relação à locação, utilização e consumo de água de poços do entorno de cemitérios.

O decreto-lei nº 59, de 12 de março de 1970, dispõe sobre a instalação de cemitérios em Fortaleza, estabelecendo o Art. 8º a distância de 100 m, a partir do muro dos cemitérios, como o afastamento mínimo a partir do qual é permitida a perfuração de poço tubular.

A Lei Estadual nº 10.147, de 1 de dezembro de 1977, que dispõe sobre o disciplinamento do uso do solo para proteção dos recursos hídricos, diz, textualmente: "Art. 1º - O sistema de Disciplinamento do Uso do Solo para proteção dos mananciais, cursos, reservatórios de água e demais recursos hídricos (8) da Região Metropolitana de Fortaleza - R.M.F., passa do na forma prevista nessa lei (9). Parágrafo Único - O sistema de disciplinamento do uso do solo".

O Decreto 14.535, de 2 de julho de 1981, regulamenta a Lei nº 10.148, de 3 de dezembro de 1977, que dispõe sobre a preservação e controle dos recursos hídricos existentes no estado do Ceará e dá outras providências. O Decreto nº 6.511, de 20 de outubro de 1983, dispõe sobre a aprovação de obras hidráulicas sanitárias e de permissão para ligações dos efluentes de despejos líquidos, dando outras providências.

A Lei nº 5.530, de 17 de dezembro de 1981, cria o Código de Posturas do Município de Fortaleza, estabelece, no Art. 528, procedimentos a serem implementados quando da construção de cemitérios em pontos elevados do terreno, e o Art. 529 da citada Lei estabelece que o lençol freático, nos cemitérios, deve ficar a menos de 2,00 metros de profundidade. Portaria Estadual nº 053, de 1 de março de 1979, regula a aprovação de projetos específicos de tratamento e disposição de resíduos sólidos na Região metropolitana de Fortaleza.

A Lei Federal nº 7.347, de 24 de julho de 1985, disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico, enquanto a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, dispõe sobre o parcelamento urbano.

A Resolução do CONAMA nº 314, de 29 de outubro de 2002, publicada no Diário Oficial da União em 20 de novembro de 2002, válida para todo o território nacional, dispõe sobre o registro de produtos destinados à remediação e dá outras providências.

A Resolução do CONAMA nº 335, de cunho orientativo, publicada no Diário Oficial da União no dia 28 de maio de 2003 e válida para todo o território nacional, recomenda a não utilização, em caixões e umas funerárias, de mantas com plásticos, tintas, vernizes, metais pesados ou qualquer material nocivo ao meio ambiente.

OBJETIVOS Diante da problemática de manuseio de necrochorume em jazigos de zinco, por ocasião da exumação para ganho de espaço dentro do jazigo de zinco, feita a partir do terceiro ano após o sepultamento, o presente trabalho tem por principal objetivo o seguinte:

Objetivo geral Utilizar ferro metálico granular em jazigos de zinco para que, num lapso de tempo inferior a três anos, parte dos microorganismos venha ser destruída, minimizando os riscos de manuseio de necrochorume por coveiros, transformando ácidos orgânicos desconhecidos em produtos finais menos



perigosos ou em formas inócuas, tais como dióxido de carbono, cloretos e água.

Objetivos específicos

- Chamar a atenção da população e empresas proprietárias de cemitérios, com relação ao risco de contaminação do aquífero por necrochorume, caso os restos mortais sejam erroneamente dispostos fora da área dos cemitérios;

- alertar o cidadão, principalmente o trabalhador em cemitérios (coveiro) sobre os riscos a que está exposto com relação ao manuseio do necrochorume, dos restos de caixão e outros, passíveis de conterem microrganismos patogênicos, e

- orientar gerentes e coveiros de cemitérios, no decorrer da exumação, da necessidade de uso de equipamentos apropriados para manuseio de necrochorume e trato com restos de caixões e umas funerárias durante a exumação.

SEPULTAMENTOS Ao ser sepultado o cadáver está sujeito a fenômenos transformativos, destrutivos (destacando-se a autólise, autofagia ou autodigestão, que compreende a destruição das células pelas próprias enzimas; a putrefação e a maceração) e fenômenos conservativos (saponificação e mumificação). Desses fenômenos, o mais importante é o fenômeno putrefativo, de ordem físico-química, que se caracteriza pela atuação de microrganismos entéricos e microrganismos do solo e água (Pacheco *op. cit.*).

Putrefação No processo de putrefação de um corpo ocorrem dois processos distintos (Pacheco 1991, 1993): o processo gasoso, que leva de uma a sete semanas (formação de gases, liberação de sais minerais e ácidos orgânicos) e o processo coliquativo, com duração de 2 a 8 anos (onde ocorre a dissolução pútrida, e surgimento de larvas e outros.). A umidade, a temperatura e o tipo de solo influem na aceleração ou diminuição desses processos.

A putrefação e maceração de um cadáver iniciam-se com as bactérias do trato intestinal e do terreno, com decomposição biológica em condições anaeróbias. Ocorre inchamento do corpo, com formação de gases (H_2S , CO_2 , NH_3 , CH_4 e PH_3 , esse último, a fosfina, responsável pelo fogo-fátuo), posterior rebentamento e liberação de líquidos corpóreos (necrochorume) ricos em sais minerais, lipídios e proteínas, podendo a biodegradação do resto do corpo durar de 2 a 8 anos, dependendo da temperatura, pH e umidade locais (Braz, Menezes & Berredo 1995, Pacheco *et al.* 1993, Pacheco 1991, 1986).

O corpo humano apresenta grande tendência à putrescibilidade, face à presença de bactérias entéricas, tais como coliformes fecais (*Enterobacter cloacae*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii* e *Klebsiella pneumoniae*), estreptococos fecais (*Streptococcus faecalis* e *Streptococcus faecium*) e outros.

Após rebentamento do corpo, há a liberação de líquidos ou fluidos corpóreos da ordem de 7 a 12 litros (o corpo humano contém, em média, 10 kg de proteínas, 5 kg de gordura e 0,5 kg de carboidratos). Associam-se a esse líquido, algas, fungos, bolores amônia, nitrito, nitrato e diversos íons tais como: Cu, Zn, Ni, Ag, Ba, Si, P, Fe, Ca, K, Mg, Na, Cl e outros.

Esses fluidos podem entrar em contato com as águas subterrâneas, solos e mananciais, até mesmo no caso de sepultamento em caixas de concreto, quando ocorrem vazamentos (Pacheco 1986). Com a subida do lençol freático ou em períodos de chuvas torrenciais, o processo pode ser acelerado. Embora sejam essenciais ao meio, alguns microrganismos podem causar malefícios ao homem, quando lançados à água para consumo.

A proliferação e disseminação dos microrganismos pode contaminar as águas dos arredores dos cemitérios, inclusive com carga virótica e/ou radioativa, no caso de remoção dos restos mortais do jazigo e disposição irregular a céu aberto.

Características químicas e biológicas das águas As águas superficiais e subterrâneas mostram diferentes composições e características físicas. Enquanto as águas superficiais exibem altos níveis de matéria orgânica biodegradável, populações de bactérias e muitas outras substâncias dissolvidas e em suspensão (Mestrinho 1998), as águas subterrâneas podem dissolver minerais e filtrar microrganismos presentes (ou lançados), por onde elas passam, ocasionando reações químicas, orgânicas e inorgânicas, assim como aceleração e/ou retardamento de processos biológicos.

A maioria das águas subterrâneas contém como elementos majoritários dissolvidos, Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , SO_4^- e HCO_3^- (além de gases, tais como N_2 , CO_2 , O_2 , H_2O , NH_3 e N_2O) e concentrações, em partes por bilhão (ppb), de lítio, germânio, cádmio, iodo, e outros elementos liberados pelo corpo humano em putrefação, tais como N/NO_2^- , N/NO_3^- , constituintes que, dependendo de sua concentração no meio, disponibilidade e inserção no ciclo biológico, podem afetar a saúde do homem, animais e plantas.

Por outro lado, os microrganismos patogênicos são retidos no solo, especialmente na zona não saturada, em maiores ou menores quantidades, dependendo do tipo de solo, litologia, aeração, umidade relativa e



nutrientes. Condições favoráveis de contaminação ocorrem nas épocas chuvosas, devido ao escoamento superficial e elevação do lençol freático.

Microrganismos mais nocivos Microrganismos entéricos (que se desenvolvem no trato intestinal) formam esporos latentes, resistentes, isto é, verdadeiras "estruturas especializadas que se formam em certas bactérias gram-positivas, não apresentando atividade metabólica, mas resistentes aos efeitos do calor, dessecação, congelamento, drogas deletérias e radiações (gêneros *Clostridium* e alguns *Cocos*), podem permanecer inativos por vários anos. Sob condições adequadas do meio, podem ser espontaneamente reativados com o retomo de condições mais favoráveis (isto é, podem permanecer em estado latente por tempo desconhecido, cristalizarem-se por período de tempo indeterminado e serem reanimados em condições favoráveis, na presença da água)". Os esporos constituem-se de estruturas que envolvem os microrganismos, protegendo-os.

Microrganismos têm sido coletados em altitudes elevadas e achados em salmouras de poços de petróleo, a profundidades superiores a 800 metros, sendo alguns resistentes aos mais fortes e modernos antibióticos (*Aspergillus niger*, vírus *H/V*, vírus *HCV*; vírus *Norwak*, *Antavírus*, *Enterovírus*, *Adenovírus*, *Cryptosporidium sp.* e outros.). São úteis na degradação da matéria orgânica, todavia, perigosos, devido à ação patogênica de várias espécies que ocasionam doenças, às vezes fatais ao homem, a animais e vegetais.

Ressalte-se que a passagem de microrganismos e elementos químicos diversos dos cemitérios para o solo, e desse, para as águas subterrâneas, é mais acentuada em regiões de altas precipitações pluviométricas e em cemitérios implantados sobre solos arenosos.

Os principais agentes de contaminação, em cemitérios, de maior nocividade, compreendem: coliformes fecais, estreptococos fecais, clostrídios sulfito-redutores, salmonela, além de nitratos de ferro, chumbo, alumínio, cálcio, magnésio, potássio, sódio, cromo, proteínas, lipídios e outros. Os microrganismos capazes de transmitir doenças (Pacheco *et al.* 1991), de maior nocividade, sem falar na possível presença de ácidos orgânicos altamente tóxicos e desconhecidos, estão relacionados no quadro a seguir:

Agentes de Contaminação	Doenças
<i>Clostridium</i>	Tétano e gangrena gasosa
<i>Mycobacterium</i>	Tuberculose
<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifóide
<i>Salmomella paratyphi</i>	Febre paratifóide
<i>Shigella</i>	Disenterias bacilares
Coliformes fecais	Diarréias
Vírus da Hepatite	Icterícia, hepatites

Fonte: Costa (2001)

BIOREMEDIACÃO A bioremediação é o ato ou processo de restaurar ou reparar, por meio do emprego de medidas atenuantes, recursos naturais ou urbanos. No caso de cemitérios que utilizem jazigos de zinco, medidas atenuantes para minimização de carga patogênica pode ser conduzida com técnica *in situ* de lançamento de ferro granular metálico no jazigo, na ocasião do sepultamento.

Em alguns casos, a remediação pode ocorrer sem a intervenção do homem, um processo chamado biorremediação natural ou biorremediação intrínseca, porém, em jazigos de zinco ela pode não ocorrer devido à falta de contato entre microrganismos e solo/água.

A utilização do ferro metálico para destruição de microorganismos em jazigos de zinco segue o processo de destruição da matéria orgânica em solos e aquíferos.

O mecanismo pelo qual o ferro metálico (Fe^0) degrada a matéria orgânica e imobiliza metais, ou como é implementado com sucesso na remediação de aquíferos contaminados, não é totalmente compreendido. Aqui ocorreria, também, o processo de sorção, iniciando-se a descontaminação após oxidação do ferro, em meio aquoso, não pelo oxigênio, mas pelos contaminantes em si (Charlet *et al.* 1998).

Pelo fato do Fe^{++} ser muito instável em ambientes ligeiramente anaeróbios, o ferro metálico (Fe^0) serviria como uma fonte de Fe^{++} . Na natureza, a maioria dos microrganismos aeróbios e anaeróbios, plantas e animais, possui enzimas contendo ferro, as quais atuam nas reações de transferência de elétrons, tanto no solo como em aquíferos, podendo causar oxidação e precipitação de ferro. O processo é favorecido pelo pH ácido e baixo Eh, e, a ação catalítica dessas enzimas envolve reversíveis oxirreduções do ferro (Ehrlich 1972). Os grânulos de ferro metálico seriam colocados na base da caixa mortuária, quando do sepultamento em jazigos de zinco, num total estimado entre 6 e 10 kg.

Geologicamente, é provável que alguns microrganismos tenham desempenhado importantes papéis na bioacumulação de alguns depósitos de ferro pela sua ação diretamente sobre o ferro. Cogita-se que



acumulações de minério de ferro em pântanos são resultantes da oxidação pela ação de microrganismos a partir de quelatos de compostos orgânicos férricos (Ehrlich 1972). Os microrganismos são importantes na sustentabilidade do ciclo do ferro, na natureza, pela oxidação e precipitação de ferro ferroso (Fe^{++}) e pela redução e solubilização de ferro férrico (Fe^{+++}), isto é: $\text{FeO} = \text{Fe}^{++} + 2\text{e}^-$ e $\text{Fe}^{++} = \text{Fe}^{+++} + 1\text{e}^-$ (Ehrlich 1972).

O surgimento de outros microrganismos a partir da oxidação do ferro metálico, especialmente aqueles que compreendem o grupo das *Ferrobacillus-Thiobacillus* podem, no entanto, causar sérios problemas na contaminação de mananciais e apresentar solução contendo ácido férrico bastante corrosivo, não sendo aconselhável o lançamento de ferro metálico em locais de sepultamento feito diretamente no solo (inumação) ou em jazigos de concreto. Esses microrganismos possuem um sistema enzimático que transfere elétrons a partir do ferro ferroso (Fe^{++}) para O_2 : $2\text{Fe}^{++} + 2\text{H}^+ + 1/2\text{O}_2 = 2\text{Fe}^{+++} + \text{H}_2\text{O}$. Há liberação de pequena fração de energia nessa transferência de elétrons. O processo de oxidação biológica do ferro ferroso para ferro férrico é favorecido em meio com pH abaixo de 5. O ferro exerce uma função biocatalítica (Ehrlich 1972).

Diante dos altos custos, facilidade de aplicação e perigo de manuseio de necrochorume em jazigos de zinco, por ocasião da exumação para imediato sepultamento de outro cadáver parente, como observado no Cemitério Parque da Paz, em Fortaleza - CE, os passos de aplicação *in situ* de grânulos de ferro metálico de valência zero na remediação, poderá despertar interesse para a literatura ambiental. Há, todavia, carência de estudos mais aprofundados e restrições à observação experimental das evidências com relação aos processos de oxi-redução, destruição de microrganismos e biotransformação de ácidos orgânicos desconhecidos em subprodutos aquosos menos perigosos à saúde, possivelmente devido à presença de ácidos orgânicos desconhecidos.

Destruição, controle, remediação e cuidados com os microrganismos Para cemitérios já instalados, para os quais não foram dirigidas as investigações preliminares, como alternativas para destruição, diminuição ou retardamento da contaminação das águas e solo por microrganismos provenientes de **necrochorume**, os seguintes procedimentos poderão ser levados em considerações e/ou implementados:

- instalação de filtro biológico nos novos cemitérios;
- construção de malha de drenagem em sub-superfície;
- emprego de permanganato de potássio, peróxido de hidrogênio e óxido de cálcio, no aquífero, por

intermediação de ensaios de infiltração em solo, caso seja constatada contaminação;

- execução de análises químicas e microbiológicas de necrochorume;

- construção de poços de monitoramento e rebaixamento do lençol freático, tipo amazonas, buscando-se a umidade relativamente satisfatória (diminuição da umidade/aumento da aeração). A descida induzida do lençol freático, nos períodos chuvosos, poderá facilitar a entrada de oxigênio na zona não saturada do solo, o qual virá desempenhar importante papel na biooxidação de substâncias orgânicas porventura presentes ou lançadas (oxigenação natural). A biooxidação de compostos orgânicos para formas inorgânicas é reação de biotransformação cujos catalisadores são microrganismos existentes ou lançados na água, que atenuam o efeito da carga contaminante;

- sepultamentos: para aqueles feitos em catacumbas, câmaras sepulcrais suspensas (jazigos verticais), covas de concreto ou em valas e/ou covas sépticas, deverão as mesmas estar ligadas a filtros biológicos. Esses procedimentos visam evitar, por um lado, contaminação do lençol freático e, por outro, acelerar o processo de putrefação dos corpos, após bioxigenação do meio;

- há a necessidade de implantação de uma malha permanente de drenagem para que as águas superficiais não atinjam as tampas de vedação das caixas de zinco. Uma remediação biológica ocorre naturalmente em subsuperfície nos cemitérios, sem a intervenção do homem (bioremediação intrínseca);

- a instalação de poços tubulares ou cacimbões, nas proximidades de cemitérios, para captação de água para uso doméstico, deve seguir critérios técnicos e obedecer à distância mínima de 100 metros, a partir das paredes daqueles, e os poços, porventura, situados entre essa distância mínima e as paredes, devem ser fechados. Em espaços onde o solo mostre-se de composição arenosa, poços e cacimbões devem ser fechados, diante de suas susceptibilidades à contaminação;

- a bioremediação, no campo da engenharia ambiental, está amplamente reconhecida como viável, de baixo custo e eficiente alternativa para recuperação de solos e águas subterrâneas contaminados por compostos orgânicos, de acordo com experiências feitas em laboratório (Zhang *et al.* 1998);

- rebaixamento do lençol freático por meio da construção de poços tipo amazonas, e tratamento dos líquidos humorais com os produtos supracitados;

- campanhas de conscientização da população devem ser implementadas pelas escolas e por intermédio das secretarias de saúde públicas



municipais, com relação a cuidados de higiene a serem seguidos durante e após as visitas feitas a cemitérios, e

- cremação: urge mudança de cultura da população, para maior aceitação da cremação.

Conclui-se, finalmente, que a instalação de cemitérios horizontais ou em caixas mortuárias de

zinco sem levar em consideração critérios geológicos, hidrogeológicos e topográficos, não elimina o risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais por agentes patogênicos e elementos químicos diversos.

Referências

- CHARLET L., LIGER E., GERASIMO P. 1998. Descontamination of TCE- and U-Rich Waters by Granular Iron: Role of Sorbed Fe(II). *Journal of Environmental Engineering*, p 25-30,
- COSTA, E.G. da. 2001. *Seleção de espaços para instalação de cemitérios na Região Metropolitana de Fortaleza. Os cemitérios antigos e seus impactos*. 54 f. Monografia (Especialização na Metodologia do Ensino da Geografia). Universidade Estadual do Ceará., Departamento de Geografia, Fortaleza.
- EHRLICH, H.L. Iron, Oxidation and Reduction - Microbial. In: FAIRBRIDGE R.W. *The Encyclopedia of Geochemistry and Environmental Sciences*. New York: Van Nostrand Reinhold Company. p. 610-612, 1972
- FALCÃO JÚNIOR Milberto Antônio, SILVA Lúcia da Costa e Silva. 1995. SP e *Eletroresistividade aplicados ao Estudo Hidrogeológico de um Cemitério*. Centro de geociências. Universidade Federal do Pará - UFPA. Belém - PA. 6p.
- MARINHO Alice Maria Pequeno. 1998. *Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios. Estudo do caso do cemitério S. João Batista, Fortaleza - CE*. Dissertação de Mestrado. Hidrogeologia. Universidade Federal do Ceará (UFC).
- MESTRINHO, Suely Schuartz Pacheco. 1998. *Geoquímica e Contaminação de Águas Subterrâneas*. Fortaleza: ABAS/CPRM. 100p.
- PACHECO Alberto, MENDES J.M.B., MARTINS T. 1991. Cemeteries - A potential risk to groundwater. *Wat. Sci, Tech.*, **24**(11):97-104,
- PACHECO Alberto & TORRES Sérgio Lúcio. 1993. Cemitérios e meio ambiente: riscos e medidas de proteção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 4, Cuiabá, 1993. *Anais...* Cuiabá,
- PACHECO Alberto. 1986. Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento. *Span*, **17**:25-30.
- PACHECO Alberto. MENDES José Milton B. 1990. Cemitérios podem contaminar as águas subterrâneas. *Saneamento ambiental*, **6**:31-33
- ZHANG Wei-xian, BOWER Edwald J., BALL William P. 1998. *Bioavailability of Hydrophobic Organic Contaminants: Effects and Implications of Sorption - Related Mass Transfer on Bioremediation*. INTER, GWMR, New Jersey. U. S. A. p.126-138.