

IMPACTOS CAUSADOS POR NECROCHORUME DE CEMITÉRIOS: MEIO AMBIENTE E SAÚDE PÚBLICA

Victor Santos Carneiro¹

Resumo: Ao longo da história, o tratamento dado aos corpos dos mortos varia, contudo, o mais utilizado ultimamente é o enterro dos mesmos em cemitérios. Foi constatada na antiguidade que esta prática contamina fontes de água próximas a esses locais. No início do século XVIII, foram criadas legislações no Brasil proibindo o sepultamento em igrejas e zonas urbanas, demonstrando a preocupação com a saúde pública. Atualmente, o Conselho Nacional de Meio Ambiente possui duas resoluções que discorrem sobre os aspectos construtivos dos cemitérios, devido ao processo de decomposição do cadáver no qual é liberado o necrochorume, líquido composto por água, sais minerais e substâncias orgânicas, responsável pela contaminação do solo e aquíferos subterrâneos. O cadáver fica infestado de bactérias, vírus e microorganismos patogênicos com capacidade de infiltração no solo com ajuda hídrica. Mesmo com densidade superior a da água, ainda não é conhecida a mobilidade do necrochorume no solo. Visando a manutenção da qualidade ambiental, é necessário escolher criteriosamente o local de implantação e métodos de construção dos cemitérios, através de estudos geológicos e sanitários das áreas e verificação das possibilidades de contaminação do solo e água subterrânea.

Abstract: Throughout history, the treatment given to dead bodies varies, but the most used lately is burial them in cemeteries. Was found in the antique that this practice contaminates water sources near these places. At the beginning of the 18th century, laws were created in Brazil prohibiting the burial in churches and urban areas, showing concern for public health. At present, the Environment Nacional Council has two resolutions about the aspects of cemeteries construction, due the process of decomposition of the body which is released cemetery leachate or necro-leachate, liquid composed of water, minerals and organic substances, responsible for the contamination of soil and underground aquifers. The corpse is infested with bacteria, viruses and pathogenic microorganisms capable of infiltration into the soil with water aid. Even with density higher than water, isn't known yet the mobility of cemetery leachate into the soil. Aiming the maintenance of environmental quality, it's necessary to choose carefully the location and methods of cemeteries construction, through geological and sanitary studies of the area, cheking the possibilities of contamination of soil and grounwater.

¹ Universidade Federal da Bahia. Departamento de Engenharia Ambiental. Rua Prof. Aristides Novis, 02 – Federação. CEP: 40210-910. Salvador-BA. Fone: (71) 8779 0400. E-mail: victorscarneiro@hotmail.com

Palavras-chave: necrochorume, contaminação, água subterrânea.

1 - INTRODUÇÃO

O ser humano está habituado a conviver com a morte. O significado da mesma varia com a cultura e época ocorrida. O tratamento dado ao corpo também é uma variável ao longo da história da humanidade.

Os corpos de pessoas mortas, ao longo da antiguidade, já foram enterrados, mumificados, cremados, jogados ao mar, etc. A partir do século XVII foi adotado mais comumente o enterro dos corpos dos mortos.

No início, as pessoas eram enterradas no interior ou ao redor das Igrejas para que estivessem mais próximas da salvação divina. A Igreja incentivava, mas segregava os ricos e pobres pelos locais onde eram enterrados.

Este comportamento começou a ser criticado por membros da comunidade que se incomodavam com o odor gerado pela decomposição dos cadáveres dentro das Igrejas. Começou a se desconfiar que os gases liberados poderiam contaminar as pessoas que o inalassem com a mesma doença que veio a “matar” o indivíduo enterrado.

A proibição desta prática não demorou muito para sair em todos os lugares do mundo, principalmente na Europa, continente mais desenvolvido àquela época. Gerou confusão e irritação na comunidade cristã que não aceitava ser enterrada longe do caminho para a salvação. Por fim, foi proibida no século XX pela própria Igreja que reconheceu que esta prática não era higiênica e saudável para os fiéis.

A contaminação de mananciais de água foi estudada e constatada na história por pessoas que ingeriam água de fontes próximas a locais de enterro como Igrejas e cemitérios. A contaminação ocorre pelo necrochorume, líquido liberado na decomposição do corpo por microorganismos como vírus e bactérias.

A constituição do necrochorume é importante de ser conhecida para prever seu comportamento no solo e na água subterrânea. Não apenas contamina o ambiente com microorganismos patogênicos que podem alcançar o ser humano, como também insere compostos atípicos ao meio em que percolou. Em outras palavras, uma carga grande de materiais orgânicos e outros compostos presentes no corpo humano alcança o meio que não está preparado para receber isto, podendo sofrer danos irreparáveis (WHO, 1998)[1].

Existem Legislações Ambientais que versam sobre os cemitérios ao redor do mundo e no Brasil. O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA – dispõe em duas Resoluções sobre o Licenciamento Ambiental de cemitérios.

O conhecimento da mobilidade do necrochorume no solo é fundamental para saber para qual meio físico o contaminante vai percolar: solo ou aquoso. Para isso é necessário analisar não apenas o líquido, mas também o tipo de solo onde está instalado o cemitério.

Quando o necrochorume alcança o aquífero subterrâneo ele contamina a água que pode estar sendo usada como fonte de água potável. Se pessoas desinformadas beberem a água contaminada podem pegar patologias graves como a febre tifóide, hepatite A, tétano, tuberculose e outras.

Diante desta problemática, torna-se necessário um estudo que avalie o impacto gerado por estas fontes poluidoras. As pesquisas sobre a contaminação por necrochorume e suas propriedades físico-químicas são muito escassas o que dificulta a melhor compreensão do fenômeno.

Não obstante, a disseminação de cemitérios ao redor do mundo é vasta. Praticamente todo município e vilarejo possuem um local de enterrar os cadáveres. E no Brasil, geralmente, quanto menor o local, mais carente é a população e mais precária a preocupação com a salubridade ambiental.

2 - MÉTODO

Para realização deste trabalho foram aplicados conhecimentos aprendidos em diversas disciplinas do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Dentre elas, destacam-se: Saneamento Ambiental, Mecânica dos Solos, Qualidade do Solo, Biologia Sanitária e o curso de Extensão de Biorremediação de Áreas Degradadas.

Foram realizadas pesquisas de monografias, teses, artigos científicos e trechos de livros para o embasamento teórico; consulta à legislação nacional que trata do licenciamento ambiental de cemitérios. Foram utilizadas ainda reportagens e publicações sobre o assunto.

E por fim, foi realizada uma visita ao cemitério de Santa Isabel, no município de Mucugê, na Bahia. Lá foram feitas observações da construção e localização do cemitério com ajuda de depoimentos de moradores locais. Infelizmente não foi possível fazer um estudo geológico e topográfico mais detalhado do local.

3 - DESENVOLVIMENTO

3.1 - A História do Cemitério

Desde os primórdios da existência do homem, o significado de sua morte e de seus semelhantes é encarado de maneiras diferentes, a depender da época e civilização. Assim, “o

significado da morte varia necessariamente no decorrer da história e entre as diferentes culturas humanas” (COMBINATO e QUEIROZ, 2006, p. 210)[2].

O sentido dado à morte é distinto e modifica-se de acordo com a cultura e costumes de cada povo e sofre alterações ao longo da evolução dos valores cultuados por cada sociedade, que sofre influências da cultura de outras civilizações. (AGRA e ALBUQUERQUE, 2008)[3].

Segundo Giacoia Júnior (2005)[4], nas civilizações da Mesopotâmia os mortos eram enterrados meticulosamente e eram acompanhados de seus utensílios, como objetos de uso cotidiano e roupas, que serviam para identificar sua identidade pessoal e familiar. Este ritual servia para representar a personalidade e status social do indivíduo enquanto vivo, já que a morte seria o apagamento desta existência.

Entre os antigos hindus a incineração crematória era o destino dado aos seus mortos. O cadáver era consumido pelo fogo, e as cinzas eram lançadas ao vento, ou nas águas dos rios, sendo o morto despojado de todos os seus traços de identidade (GIACOIA JÚNIOR, 2005)[4]. A cremação representava a purgação de todos os pecados, sendo a própria vida individual considerada uma transgressão que deveria ser expiada pela morte. “[...] o verdadeiro sentido da vida consiste no despojamento do corpo e na preparação para a morte. [...]” (GIACOIA JÚNIOR, 2005, p. 17)[4].

Na antiga Grécia, o ritual fúnebre diferenciava os tipos dos mortos. Apesar de haver a incineração em ambos os casos, a cerimônia dos homens comuns era distinta dos grandes heróis. Os primeiros eram cremados coletivamente e suas cinzas enterradas em valas comuns. O grande herói era merecedor de homenagens durante a cremação. Ele teve a vida digna de ser lembrada e acreditava-se que sua morte era a prova de sua virtude.

Para os judeus e cristãos que acreditavam na ressurreição após a morte, esta seria o acesso para outra dimensão da vida que poderia ser no inferno ou no paraíso, conforme os seus feitos terrenos a partir da observação dos mandamentos de Deus.

Somente na Idade Média que o cemitério começou a ser utilizado da forma que conhecemos. Nesta época a morte era vista com naturalidade e os enterros aconteciam no centro da cidade, nos arredores da Igreja Católica.

Ainda na Idade Média, as idéias teocentristas estavam difundidas em toda a Europa, aonde a Igreja Católica mantinha a população presa às suas idéias. Existia um grande temor do pós-vida, local onde o “espírito” iria descansar em paz no paraíso ou sofrer por toda a eternidade no inferno. Então, para ficar o mais próximo possível do paraíso, as pessoas queriam ser enterradas no interior ou ao redor da Igreja. Os mortos socialmente importantes eram enterrados no interior. Aqueles menos importantes eram enterrados em um terreno ao lado, e os indignos sociais eram enterrados em vala comum que permanecia aberta até a completa lotação.

Com o aumento da população, faltavam cada vez mais espaços vazios onde as pessoas poderiam ser enterradas próximas ou no interior da Igreja. Contemporaneamente, começaram a proliferar na Europa as idéias protestantes, que terminaram por dividir a Igreja Católica. Desta maneira, protestantes não mais podiam ser enterrados nas Igrejas Católicas, sendo necessária à construção de novos locais propícios para sepultamento. Foi nesta época que cemitérios começaram a ser construídos desligados fisicamente da Igreja, mas esta ainda exercia grande influência sobre os mesmos.

Contudo, o fator que culminou com o fim do sepultamento no interior das igrejas foi o início da importância que foi dada à saúde pública. O corpo humano quando em estado de putrefação libera gases e fortes odores que podem contaminar quem for exposto a fortes concentrações. Corpos sepultados nas igrejas liberavam esses gases para o interior das mesmas, tornando-as um ambiente impróprio para os deveres que lhe são conferidos.

Relatos antigos da época colonial do Brasil exemplificam o incômodo da população. Um destes é o relatório apresentado à Assembléia Legislativa Provincial de Minas Gerais, em 1876, pelo presidente desta mesma província, o Barão da Vila da Barra. No relatório é citado que o enterro nas Igrejas é intolerável e condenado pelas regras de higiene. Além disto, afirma que este costume depõe contra a civilização da província (VIEIRA, 2002)[5].

O conceito de civilização aplicado pelo Barão da Vila da Barra se referia ao desenvolvimento da província. Na metade deste mesmo século “acreditava-se que as doenças eram causadas e disseminadas por aspectos do meio, difundira-se a teoria miasmática que afirmava serem as epidemias oriundas de lugares insalubres onde a circulação do ar ficava prejudicada”. (MASTROMAURO e SALGADO, 2007, p. 2)[6].

Baseadas nesta teoria, as autoridades tomaram atitudes visando à melhoria da qualidade de vida da população no mesmo momento em que eclodiram diversas epidemias em algumas cidades. Então, em 1850 foi criada a Junta Central de Higiene que se ocupava da coordenação do sistema de saúde. Foi estabelecido que a localização dos cemitérios deveria ser na área externa da cidade para afastar da população as perigosidades que estes lugares implicavam. Contudo, estas medidas demoraram para atingir as regiões mais distantes do Rio de Janeiro.

Segundo Vieira (2002)[5] o cemitério de Mariana já existia desde 1720 (Gráfico 1), contudo era usado apenas para o sepulcro de indigentes e escravos negros. Àquela época o Brasil era uma sociedade escravista que negros e brancos eram diferenciados em todos os aspectos e inclusive sob a lei.

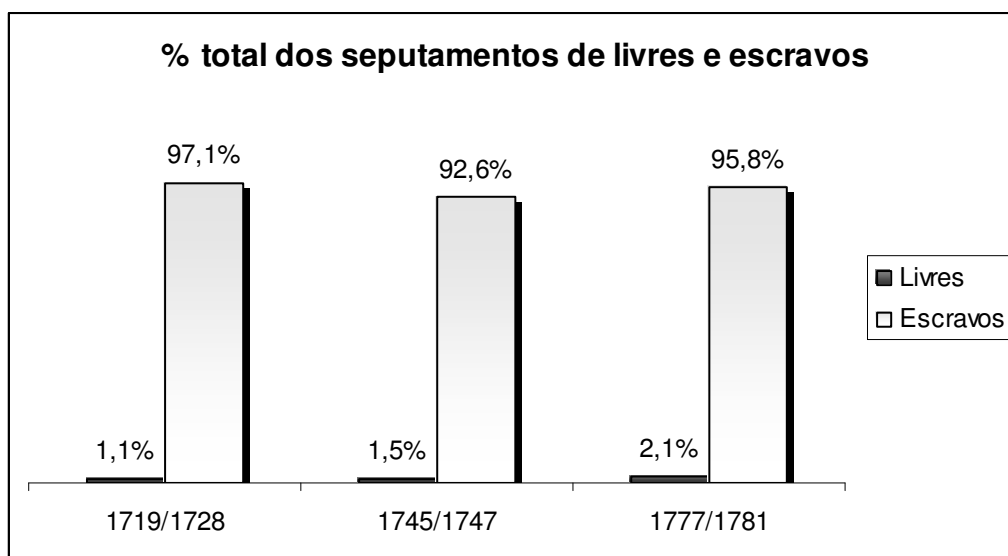


Gráfico 1. Sepultamentos no cemitério da Matriz/Sé Catedral (1719-1781).

Fonte: Vieira (2002)

Com todo esse contexto histórico dos cemitérios antigos, foi árdua a tarefa do Estado para fazer com que a população aceitasse o enterro fora das Igrejas. Foram instituídas leis que obrigavam a construção de cemitérios fora da cidade, mas não foram colocadas em prática de imediato devido à resistência da comunidade.

Em alguns locais mais interioranos do País o Poder Judiciário era exercido pelas famílias mais influentes e poderosas da região. Segundo Funch (2002)[7], no município de Mucugê, Bahia, os impactos do enterro no interior da Igreja de Santa Isabel eram percebidos com grande facilidade. O nível do lençol freático em Mucugê é elevado, desta maneira em épocas chuvosas o lençol atingia a superfície e a água brotava pelos pontos mais baixos da pequena cidade. Com um cemitério na cidade, a qualidade da água que era consumida pela população estava comprometida já que estava contaminada pelo necrochorume.

A necessidade de proibir o enterro no interior da cidade era visível e urgente. Foi construído então um cemitério afastado da cidade, na região mais alta conhecida como Serra do Cruzeiro. Porém, mesmo com a divulgação da possível contaminação da água ainda existia resistência da população para ser enterrada longe da Igreja que representava a proximidade com o “paraíso”.

Para satisfazer a todos e solucionar o problema, os túmulos foram construídos em formato de igrejas (Figura 1). As pessoas então seriam enterradas no interior de réplicas e, portanto mais próximas da salvação.



Figura 1. Cemitério de Santa Isabel.

Fonte: acervo pessoal.

Apesar da escolha adequada da localização, o cemitério ainda apresentava irregularidades pois os corpos não eram enterrados no solo. As réplicas de Igrejas são construídas sobre o leito rochoso (Figura 1) e com a putrefação dos corpos, o necrochorume infiltrava nas paredes das réplicas e era lixiviado sobre a rocha até atingir o solo.

O cemitério de Mucugê construído no século XIX ainda é utilizado pela população. Recebeu o codinome de Cemitério Bizantino e foi transformado em ponto turístico da região pela particularidade de seus jazigos (Figura 2).

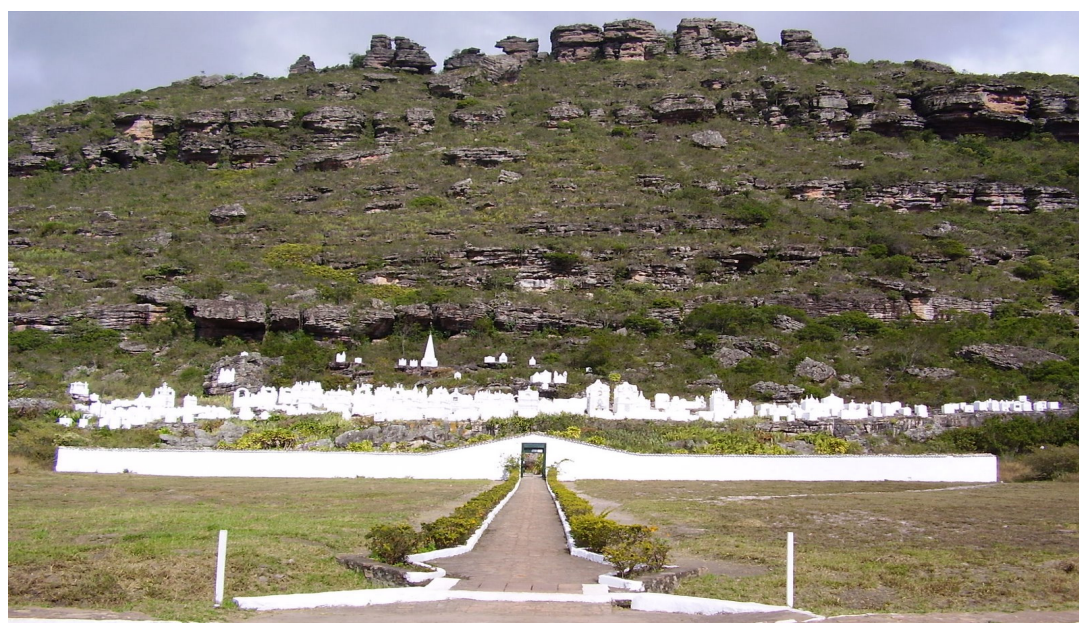


Figura 2. Cemitério de Santa Isabel.

Fonte: acervo pessoal.

Assim, como o cemitério de Santa Isabel, em Mucugê, muitos outros foram construídos de maneira irregular e sem nenhuma preocupação com a contaminação ambiental que um espaço como este pode causar.

3.2 – Histórico da Legislação no Brasil

A preocupação com a saúde pública na época colonial aumentava com o surgimento de violentas epidemias. As províncias então começaram a se organizar com a criação de leis próprias que baniam o sepultamento em Igrejas.

No século XVIII, os mortos começaram a receber então uma visão médica. Esta nova visão foi reconhecida pelas autoridades administrativas que, no final do mesmo século começaram a se preocupar com a saúde pública e higiene relacionados com os cemitérios.

Em 1789, a rainha de Portugal, D. Maria, enviou “uma recomendação ao bispo do Rio de Janeiro [...] para que os cemitérios fossem construídos separados das Igrejas, tal como já se fazia na Europa” (OLIVEIRA, 1998, p. 23)[8].

Alguns anos depois, mais especificamente em 1798, o Senado da Câmara Municipal do Rio de Janeiro, ao dirigir uma representação a alguns médicos locais, manifestou, também, pela primeira vez, “sua preocupação com o estado sanitário” da cidade (FERREIRA, 1999, p. 2)[9].

Em 1801, uma carta régia de Minas proibia os sepultamentos na Igreja e ordenava ao governador da capitania que procurasse, com o auxílio do bispo, fazer construir cemitérios separados da cidade. (OLIVEIRA, 1964 apud VIEIRA, 2002)[5].

Esta legislação é importante por representar, além da primeira proibição das tradicionais formas de sepultamento, a expansão das preocupações sanitárias para todos os centros urbanos do Brasil. As primeiras preocupações higienistas citadas anteriormente limitavam-se apenas a cidade do Rio de Janeiro, maior centro urbano da Colônia.

Esta legislação foi responsável pelo desencadeamento de inúmeros protestos populares em toda a Colônia que impediram a implementação da mesma. Isto por que ela foi de encontro aos anseios da cristandade colonial e eclesiástica que previa para todos os cristãos, o direito de serem enterrados em “solos sagrados”, como afirma o Regimento do Auditório Eclesiástico citado por Vide (1853) apud Vieira (2002), p. 8 [5]:

“... que nenhuma pessoa de qualquer estado, condição, e qualidade que seja, enterre ou mande enterrar fora do sagrado defunto algum, sendo cristão batizado, ao qual conforme a direito se deve dar sepultura eclesiástica, não se verificando nele algum impedimento [...] pelo qual se deve negar...”.

Anos mais tarde, em 1828, uma lei imperial reiterava a proibição do sepultamento na Igreja e ordenava a construção de cemitério fora da cidade. A incumbência do projeto foi delegada às Câmaras Municipais que, pela primeira vez, se viram responsáveis pelas questões de saúde pública.

O estigma do cemitério exerceu forte influência na população, que resistiu à lei imperial de 1828 e continuou com sepultamento em locais impróprios e teve seu fim definitivo somente em 1927 quando o Código de Direito Canônico proibiu definitivamente esta prática. (TRINDADE, 1928 apud VIEIRA, 2002) [5].

Apesar de a lei exigir que os cemitérios fiquem localizados em locais separados da cidade, ainda hoje se encontram cemitérios localizados em território estritamente urbano, o que comprova que em certas localidades, os mortos nunca foram afastados da cidade.

3.3 – Legislação Vigente

A Legislação mais atual que discorre sobre os aspectos construtivos de cemitérios é recente no Brasil. Somente em 3 de abril de 2003 foi divulgada a Resolução nº 335 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios (BRASIL, 2003) [10].

Três anos mais tarde, em 28 de março de 2006, foi publicada a Resolução CONAMA nº 368 que altera a Resolução anterior e dispõe sobre pontos considerados equivocados ou ineficientes para o controle da contaminação.

Em outros países como Inglaterra, França e Holanda as legislações sobre as distâncias de cemitérios e poços para abastecimentos de água potável existem desde a década de 50 do século passado.

Mesmo com a existência das Resoluções CONAMA, não existe o controle do estado nas construções e as obrigações são passadas da federação para o estado, e deste para o município, que geralmente não possui corpo técnico capaz de acompanhar o processo (PACHECO, 2006) [11].

A seguir serão apresentados alguns itens das resoluções que possuem relevância para este projeto. Inicialmente, a Resolução CONAMA nº 335/03 “dispunha a área de fundo das sepulturas deve manter uma distância mínima de um metro e meio do nível máximo do aquífero freático”. Esta distância não é considerada suficiente para manter livre de contaminação o lençol freático segundo pesquisa realizada por Matos (2003) [12]. A pesquisa comprova que vírus foram transportados no mínimo 3,2 metros na zona não saturada até alcançar o aquífero.

A Resolução CONAMA 368/06 repete o mesmo valor da distância das sepulturas ao nível máximo do aquífero, mas complementa que este nível máximo deve ser medido na época de cheia. A distância de 1,5 metros será aplicada para solos com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s. Em solos mais permeáveis é necessário que a distância seja, no mínimo, de 10 metros.

Ainda segundo o CONAMA: “É proibida a instalação de cemitérios em Áreas de Preservação Permanente ou em outras que exijam desmatamento de Mata Atlântica primária ou secundária, em estágio médio ou avançado de regeneração, em terrenos predominantemente cársticos, que apresentam cavernas, sumidouros ou rios subterrâneos, bem como naquelas que tenham seu uso restrito pela legislação vigente, ressalvadas as exceções legais previstas” (BRASIL, 2006, p. 2) [13].

São obrigados também a adoção de técnicas e práticas que permitam a troca gasosa do corpo em putrefação com o meio, para que haja condição de adequada para sua decomposição. Obriga-se ainda o estudo da fauna e flora para construções acima de cem hectares, recuo da área de sepultamento em relação ao perímetro do cemitério, dentre outras especificações.

Os órgãos estaduais podem também criar novas exigências de forma a aumentar a segurança ambiental no processo de licenciamento ambiental. A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (São Paulo, 2008) [14] exige a apresentação de curvas de nível do local de implantação do cemitério que indiquem ruas, equipamentos urbanos, fontes, drenos, poços e mananciais. Estabelece ainda como obrigatório o projeto do empreendimento com ruas, passagens internas para pedestres, posição das sepulturas e edificações. A CETESB além de exigir o conhecimento nível do lençol freático no período de cheia – recomendado pelo CONAMA – exige também o conhecimento do fluxo das águas subterrâneas. Este procedimento é importante para o caso de uma contaminação, pois é possível conhecer sua fonte e para onde está sendo carregado.

Todas as obrigações e recomendações da Resolução CONAMA 335/03 deveriam ser aplicadas até setembro de 2003 e as da Resolução CONAMA 368/06 até março de 2008. Estas servem para o licenciamento de novos cemitérios mas obriga os já existentes a se adequarem nas Resoluções.

Contudo, poucos cemitérios atenderam à solicitação do CONAMA. O não cumprimento da Resolução CONAMA 368/06 implica em sanções penais e administrativas. (PACHECO, 2006) [11].

3.4 – Constituição do Necrochorume

O corpo humano depois de morto é decomposto, assim como qualquer outro ser vivo. Passa então a servir de ecossistema para outros organismos como artrópodes, bactérias, microorganismos patogênicos e destruidores de matéria orgânica e outros, podendo pôr em risco o meio ambiente e a saúde pública.

Durante o processo de decomposição do corpo é liberado um líquido chamado pelo CONAMA de “produto da coliquação”, conhecido também como necrochorume. Este líquido é o responsável pela contaminação do solo e aquíferos subterrâneos.

A composição média do necrochorume pesquisada por Lopes [200-] [15] está apresentada no Gráfico 3

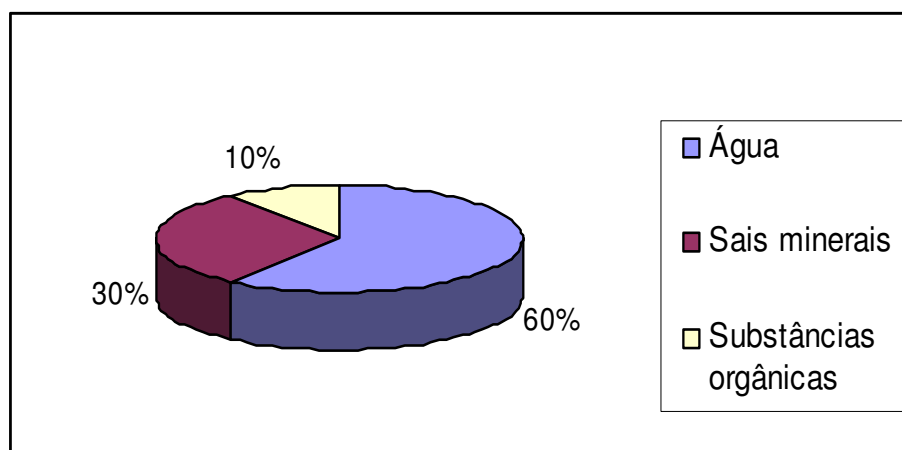


Gráfico 3. Composição média do necrochorume.

Fonte: LOPES [200-] [15].

O necrochorume é viscoso, de cor castanho-acinzentada, forte cheiro e grau variado de patogenicidade. (ALMEIDA e MACÊDO; 2005) [16]. Apresenta densidade média de $1,23 \text{ g/cm}^3$ (mais denso que a água), e a relação entre o volume de necrochorume produzido e o peso do corpo é igual $0,60 \text{ L/Kg}$ (LOPES, [200-]) [15].

Segundo Almeida e Macedo (2005) [16], a decomposição das substâncias orgânicas do corpo pode produzir diaminas como a cadaverina ($\text{C}_5\text{H}_{14}\text{N}_2$) e a putrescina ($\text{C}_4\text{H}_{12}\text{N}_2$), que ao ser degradadas geram NH_4^+ , substância que apresenta toxicidade em altas concentrações.

A cadaverina e putrescina são danosas também por serem responsáveis pela transmissão de doenças infecto-contagiosas como a hepatite e a febre tifóide. Essas substâncias podem se proliferar em um raio superior a 400 metros de distância do cemitério, a depender da geologia da região (LOPES, [200-]) [15].

Depois de morto, como foi citado, o corpo humano fica infestado de bactérias, vírus e microorganismos patogênicos. Estes têm a capacidade de infiltração no solo com ajuda hídrica, podendo contaminar o corpo d'água abaixo do cemitério.

Os vírus e as bactérias possuem resistência muito elevada no solo e principalmente na água. Podem causar epidemias se atingirem de fato a via aquática subterrânea. Segundo World Health Organization – WHO (1998) [1], os organismos típicos presentes no aquífero subterrâneo que causam doenças são micrococcaceae, estreptococos, bacilos e entrobacterias.

Segundo WHO (1998) [1], em três cemitérios do Brasil localizados no estado de São Paulo, foram detectadas bactérias do grupo coliforme nas águas subterrâneas. Os vírus são mais facilmente fixados pelas partículas do solo do que as bactérias, por isso estas últimas atingiram o lençol freático.

Segundo Lance [19--] e Gerba [19--] citados por WHO (1998) [1], vírus com carga negativa inferior a um determinado nível são imediatamente adsorvidos enquanto vírus com uma forte carga negativa são movidos a locais mais distantes.

Esta diferença é explicada pela constituição e propriedades químicas do solo. A argila possui grãos muito pequenos carregados eletronegativamente. Quando vírus muito carregados de elétrons passam pelos grãos de argila são repulsados por que têm cargas iguais. Já os vírus poucos carregados conseguem ficar retidos nos grãos por afinidade química (Troca catiônica).

Por esta razão é fundamental o estudo do solo abaixo do local onde será implantado o novo cemitério. A Resolução CONAMA 368/06 já expõe este pensamento ao obrigar que a distância do lençol freático às covas precisam ser maiores para solos mais permeáveis, como a areia e o cascalho.

Os caixões também são importantes no processo de manutenção da qualidade ambiental do sistema. Eles devem ser construídos de materiais que se decompõem rapidamente e não liberam subprodutos químicos persistentes no ambiente.

Os cemitérios podem causar poluição ambiental nos aquíferos subterrâneos e no solo da região não somente em virtude da toxicidade do necrochorume e dos microorganismos patogênicos presentes.

O aumento da concentração natural de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes anteriormente ou no solo já é um fator que deve ter seu risco analisado. Alterações em um ambiente natural devem ser consideradas importantes e acompanhadas de perto pelos órgãos ambientais pois podem tornar o solo ou o aquífero inutilizáveis.

3.5 – Mobilidade do Necrochorume no Meio Ambiente

O contaminante, de uma maneira geral, ao entrar no solo sofre algumas reações que podem retê-lo, deixá-lo passar livremente ou atenuá-lo no meio sólido. O comportamento do contaminante depende de suas propriedades físico-químicas e do meio onde foi derramado. O necrochorume é considerado como um contaminante e seu movimento no solo deve ser investigado antes da construção do cemitério.

Solos arenosos possuem grãos maiores e conseqüentemente áreas superficiais menores. Isto implica que não possuem capacidade de reter água ou contaminante em seus interstícios. O solo arenoso ainda é considerado pobre biologicamente.

O solo argiloso consegue reter líquido, pois seus grãos são muito pequenos e sua área superficial maior, onde as moléculas do líquido conseguem ficar sorvidas. Para retirar água ou contaminante de solos argilosos é necessária uma pressão maior do que em solos arenosos. Isto é explicado pela capilaridade existente no solo argiloso – interstício mais fino gera maior pressão de retenção (OLIVEIRA, 2008) [17].

A mobilidade do poluente no solo é medida pela condutividade hidráulica do mesmo. A condutividade hidráulica depende do peso molecular e densidade do poluente e significa a velocidade de infiltração em solo saturado.

Não existem grandes quantidades de pesquisas que estudam o comportamento do necrochorume no solo. É sabido apenas que sua densidade é maior que a da água. Isto favorece a infiltração pelo solo até atingir o aquífero subterrâneo.

Contudo, segundo WHO (1998) [1], pesquisas revelam que existe a atenuação do necrochorume na camada vadosa do solo. Na camada vadosa existe ar no solo, e com isto, há maior concentração de microorganismos aeróbios que consomem o necrochorume com maior eficiência do que em condições anaeróbias.

Com isto, é aconselhável que o solo acima do caixão não seja compactado no reaterro para que haja maior aeração do corpo. Por outro lado, a aeração libera gases tóxicos e extremamente mal cheirosos para a atmosfera.

A atenuação do necrochorume é mais eficiente em argilas, já que estes possuem mais microorganismos em seu interior. Para garantir maior degradação do necrochorume antes de atingir o aquífero, é aconselhável manter o túmulo mais afastado possível do aquífero. Com isto existirá mais camada sólida para o poluente atravessar e ser degradado.

Os vírus presentes no necrochorume ficam adsorvidos nos grãos de argila, dificultando sua chegada ao aquífero. Porém em solos arenosos e cascalhos, os vírus podem alcançar longas distâncias. (DUBOISE, 1976 apud WHO, 1998) [1].

A chuva ajuda a percolação e infiltração do necrochorume no solo até atingir o aquífero. Com a chuva, a carga hidráulica é maior sobre o solo o que aumenta a velocidade de infiltração. Quanto mais rápido o contaminante atravessar o solo, menos tempo terá para ser degradado e adsorvido pelo solo.

Segundo O'Brien e Newman (1997) citados por WHO (1998) [1], as plantas podem remover os vírus e bactérias do solo, além de consumir parte da carga orgânica proveniente do necrochorume. As árvores também retêm a água da chuva que carrega consigo os contaminantes para o aquífero. O nível da água do lençol freático é reduzido em locais com grandes árvores já que estas conseguem retirar a água do solo. Este fenômeno aumenta a capacidade de biodegradação do necrochorume pelo solo.

Após todos os processos que ocorrem no solo, se o necrochorume alcançar a franja capilar do aquífero ele irá atravessá-la por que é mais denso que a água. Não existem estudos de solubilidade do necrochorume, então qualquer definição de comportamento no aquífero será imprecisa.

O necrochorume quando no interior do aquífero pode ser dissolvido (a depender da solubilidade), carregado no sentido de fluxo do aquífero ou se depositar na camada inferior

impermeável do mesmo. Apesar da densidade do necrochorume ser maior que a da água ($d = 1,23 \text{ g/cm}^3$), seu valor não é tão elevado a ponto de todo o poluente atravessar o aquífero até sua camada impermeável. Com isto, parte do necrochorume deverá ser carregada com o aquífero no sentido do fluxo da água e ser espalhado pela região.

3.6 – Impactos do Necrochorume ao Meio Ambiente e Saúde Pública

Os cemitérios são considerados fontes poluidoras por serem construídos sem qualquer preocupação de revestimento da camada inferior do solo para que o necrochorume liberado na decomposição dos corpos não atinja o solo e aquífero subterrâneo.

A contaminação por necrochorume pode ser pelo aumento da carga orgânica no meio ambiente, que desencadeia uma série de alterações prejudiciais à harmonia do ecossistema, ou pode ser ainda pela disseminação de microrganismos patogênicos como vírus e bactérias.

Por ser mais denso que a água, o necrochorume quando atinge o aquífero subterrâneo migra para sua parte inferior até atingir a camada impermeável. A partir daí, parte dele pode seguir o fluxo da água ou pode escoar por gravidade sobre o substrato impermeável do aquífero. Esta contaminação do aquífero é mais problemática de ser remediada já que geralmente encontra-se a grandes profundidades. Além disto, para descontaminar o aquífero é necessária a construção de barreiras hidráulicas para retirar a água contaminada, de forma que o tratamento da mesma ocorra *ex situ*, reduzindo a carga hidráulica do aquífero.

Quando o necrochorume atinge o aquífero subterrâneo é carregado para locais mais distantes. Se o necrochorume ao chegar no aquífero, ainda contiver contaminante, o manancial estará comprometido. Vírus e bactérias mais resistentes contaminam a água e a tornam imprópria para consumo humano. Para isto é imprescindível o conhecimento profundo dos mesmos (WHO, 1998) [1].

Por outro lado, estudos relatados pelo WHO (1998) [1] confirmam locais onde a pluma de contaminação diminui rapidamente com a distância da sepultura, provavelmente pela degradação biológica feita pelos microorganismos presentes no solo. Na Holanda, outro estudo indicou grandes plumas com altas concentrações de cloreto, sulfato e bicarbonato abaixo das sepulturas. Nenhuma informação foi dada sobre o tipo de solos desses estudos.

No cemitério de Botânica na Austrália foram medidas aumentos na condutividade elétrica ou salinidade próximo de sepulturas recentes. Foram encontradas também elevadas concentrações de íons de cloreto, nitrato, nitrito, amônia, fosfato, ferro, sódio, potássio e magnésio abaixo do cemitério, no solo e também no lençol freático. A água subterrânea foi considerada adequada para fins de irrigação, conforme especificado nos critérios da qualidade das águas australianas. (DENT, 1998 apud WHO, 1998) [1].

Em três cemitérios de São Paulo e Santos – Brasil foi constatada a contaminação do aquífero subterrâneo por microorganismos como coliformes totais e termotolerantes, estreptococos fecais, clostrídios sulfito redutores e outros – oriundos da decomposição dos corpos sepultados por inumação no solo (PACHECO et al.:(1991) [18].

A pesquisa de maior impacto sobre contaminação de águas subterrâneas por cemitério no Brasil é de PACHECO et al. (1991) [18] que estudou três cemitérios dos municípios de São Paulo e de Santos e constatou a contaminação do lençol freático por microorganismos – coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais, clostrídios sulfito redutores e outros – oriundos da decomposição dos corpos sepultados por inumação no solo.

O risco de contaminação microbiológica com a construção de cemitérios em meio urbano é presumível. A água subterrânea é mais atingida pela contaminação por vírus e bactérias. Nascentes naturais ou poços rasos conectados ao aquífero contaminado podem transmitir doenças de veiculação hídrica como tétano, gangrena gasosa, toxi-infecção alimentar, tuberculose, febre tifóide, febre paratifoide, vírus da hepatite A, dentre outros (LOPES, [200-]) [15]. A população carente e de baixa renda está mais propícia a ser infectada por essas doenças. Geralmente vivem em regiões onde não existe acesso à rede pública de água potável e possuem sistema imunológico natural baixo.

De todas as contaminações provocadas pelos cemitérios, os maiores problemas estão relacionados ao vírus, devido sua grande capacidade de sobrevivência, mobilidade, adaptação ao meio adverso, mutação e permeação através até de meios semipermeáveis. Foram encontrados vetores de contaminantes de vírus em lençol freático há quilômetros de distância dos cemitérios. Os vetores ainda poderiam causar problemas à saúde da população desavisada que ingerisse a água contaminada (LOPES, [200-]) [15].

4 – CONCLUSÃO

A cultura do sepultamento está disseminada pela sociedade ao redor do mundo. Os cemitérios são fontes poluidoras e de contaminação do solo e mananciais. Suas conseqüências afetam a saúde da população que vive próxima ou não a cemitérios, devido à capacidade de advecção do contaminante.

Dada a necessidade do aumento do número de locais para enterro em países que apresentam limitações territoriais, é preciso identificar mais precisamente os impactos nocivos para o meio ambiente e saúde pública.

Para a minimização dos impactos ambientais gerados pela decomposição do corpo, é necessária uma preocupação maior com a escolha do local de implantação e métodos de construção de cemitérios. Devem ser evitados solos muito permeáveis como areia, cascalho e rochas permeáveis. O solo mais aconselhável para maximizar a retenção dos produtos de degradação é uma mistura de argila e areia de baixa porosidade e um pequeno percentual de grãos de textura fina.

Assim como em aterros sanitários, pode ser estudada a implantação de uma manta subterrânea que funcione como barreira que impede a contaminação do solo e conseqüentemente do lençol freático pelo chorume produzido na decomposição do lixo.

Como forma de proteção do lençol freático, a Resolução CONAMA 368/06 recomenda a existência de uma distância entre o fundo da cova e o lençol freático, a depender da permeabilidade do solo. Para auxiliar na retenção dos contaminantes do chorume, podem ser plantadas árvores que retêm microorganismos e consomem o excesso de matéria orgânica que chega ao meio.

A distância até o nível d'água (zona não saturada) auxilia na degradação efetiva dos vírus e bactérias pelos microorganismos naturais do solo, pela absorção, pela ação das raízes das árvores e pela adsorção nas partículas do solo que servem como um filtro. Quanto maior esta distância, mais tempo o necrochorume permanecerá no solo e assim será mais degradado.

Outro ponto importante é a diferença de altitude entre o cemitério e a área circundante. Um cemitério não deve ser localizado na parte mais baixa de uma área, para onde as águas pluviais convergem. A água potencializa a velocidade de infiltração do necrochorume pelo solo e reduz seu potencial de degradação.

A implantação de cemitérios deve ser realizada de forma criteriosa para garantir a manutenção da qualidade ambiental. São necessários estudos geológicos e sanitários das áreas dos cemitérios e a verificação das possibilidades de contaminação do solo e da água subterrânea.

5 - REFERÊNCIAS

- [1] WHO; World Health Organization; Regional office for Europe; The impact of cemeteries on environment and public health. 1998. Disponível em: www.who.dk. Acesso em: 19 nov. 2008.
- [2] COMBINATO, D. S.; QUEIROZ, M. M.; Uma visão psicossocial: Estudos de Psicologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, ano/v. 11, n.2, p.209-216. Natal, mai/ago de 2006.
- [3] AGRA, L. M. C.; ALBUQUERQUE, L. H. M.; Tanatologia: uma reflexão sobre a morte e o morrer. Maceió, ano 1, n. 2, 2008. Disponível em: <http://www.pesquisapsicologica.pro.br>. Acesso em: 23 out. 2008.
- [4] GIACOIA JÚNIOR, O.; A visão da morte ao longo do tempo. Medicina (Ribeirão Preto), v. 38, n.1, p.13-19, 2005.
- [5] VIEIRA, L. A. S.; Entre a vida e a morte: Interesses populares, representações cristãs da morte e medicina social em minas no século XIX. Monografia – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2002. Disponível em: http://www.geocities.com/nehcit_ufop/monlu.pdf. Acesso em: 23 nov. 2008.

- [6] MASTROMAURO, G. C.; SALGADO, I.; O Hospital de Isolamento e o Cemitério do Araçá na cidade de São Paulo. In: XXIV Simpósio Nacional de História. UNISINOS. São Leopoldo-RS, 2007.
- [7] FUNCH, R.; Um guia para a Chapada Diamantina. Salvador: Editora Nova Civilização, 2002.
- [8] OLIVEIRA, L. M.; Cemitérios sagrados mineiros das cidades de Sabará, Ouro Preto e São João Del Rei – séculos XIX e XX, 1998. Dissertação de Mestrado em 1998 - Faculdade de História, Direito e Serviço Social – UNESP, Franca.
- [9] FERREIRA, L. O.; Os periódicos médicos e a invenção de uma agenda sanitária para o Brasil (1827-43). *Hist. cienc. saude.* [online]. jul./out. 1999, vol.6, no.2 Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010459701999000300006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 22 nov. 2008.
- [10] BRASIL; Resolução CONAMA nº 335 de 3 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento de cemitérios. Brasília, 2003.
- [11] PACHECO, A. Os cemitérios e o ambiente; Ambiente Brasil. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/noticia/?id=23638>>. Acessado em: 29 de set de 2008.
- [12] MATOS, B. A. Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismo no aquífero freático do Cemitério Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo. 2001. 114 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- [13] BRASIL; Resolução CONAMA nº 368 de 28 de março de 2006. Dispõe sobre o licenciamento de cemitérios. Brasília, 2006.
- [14] SÃO PAULO; Cetesb. Licenciamento Ambiental Unificado – Roteiro de Estudos: Cemitérios, 2008. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/unificado/roteiro2.php?aticv=2&descr=Cemitérios>. Acesso em: 23 nov. 2008.
- [15] LOPES J. L.; Cemitério e seus impactos ambientais. Estudo de caso: Cemitério Municipal do Distrito de Catuçaba/SP. Centro Universitário Senac. São Paulo, [200-]. Disponível em: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/sigas/docs/20071016_CAS_Cemiterio_ImapctosAmbientais.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2008.
- [16] ALMEIDA, F. R.; ESPÍNDULA, C.; VASCONCELOS, U.; CALAZANS, M. T.; Avaliação da ocorrência de contaminação microbiológica no aquífero freático localizado sob o Cemitério da Várzea em Recife-PE. *Revista Águas Subterrâneas*, v.20, n.2, p.19-26, 2006. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/asubterraneas/article/viewFile/10435/7123>>. Acesso em: 1 dez. 2008.
- [17] OLIVEIRA, Iara Brandão. Material de Consulta da disciplina ENG 022 - Qualidade do Solo Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Federal da Bahia. Tópico I. Salvador, 2008.

[18] PACHECO, A.; MENDES, J. M. B.; MARTINS, T.; HASSUDA, S.; KIMMELMANN, A. A. Cemeteries – A Potencial Risk to Groundwater. Water Science Technology; vol. 24 (11), p. 97-104, 1991. Disponível em: <<http://www.unep.org/media/review/vol27no1/UNEP%20N27%20Vol.1.pdf#page=35>>. Acesso em: 1 dez. 2008.