REVISÃO DA CONTAMINAÇÃO DO SOLO DE CEMITÉRIO POR NECROCHORUME

REVIEW OF CONTAMINATION IN CEMETERY SOIL BY CEMETERY SLURRY

SALVADOR, Marcos Luis ^{1*}; ORTIZ, Janaína C. ²;

^{1,2} Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Química, Departamento de Pesquisa em Química, BR 285, São José, cep 99052-900, Passo Fundo – RS, Brasil

(fone: +55 54 3316 8100)

* *Marcos Luis Salvador*

e-mail: marcos_salvador@live.com

Received 12 March 2017; received in revised form 30 May 2017; accepted 29 June 2017

RESUMO

Os cemitérios estão presentes na cultura há muitos séculos. Entretanto, o conhecimento do potencial que estes apresentam para contaminar o meio ambiente é mais recente. Substâncias geradas na decomposição dos corpos de seres humanos podem ser potencialmente tóxicas, dependendo de sua composição, porém o estudo científico das variáveis presente no cemitério é dificultado pela carga simbólica que ele apresenta para sociedade. Através de levantamento bibliográfico buscou-se descrever os possíveis contaminantes gerados pela putrefação de corpos em cemitérios e as alterações que estes causam. Concluiu-se que a capacidade de adsorção de íons pelo solo é uma importante característica dada pela fração argilosa e qualifica o solo como apto para receber atividades cemiterias.

Palavras-chave: *Toxicidade, sepultamento, íons, metais.*

ABSTRACT

The cemeteries have been present in the culture for many centuries. However, knowledge of the potential that is reported to contaminate the environment is more recent. Substances generated in the decomposition of human bodies may be potentially toxic, depending on their composition, however, the scientific study of the variables present in the cemetery is difficult because of the symbolic load it presents to society. Through a bibliographical survey, we tried to describe the possible contaminants generated by the putrefaction of bodies in cemeteries and the association that these cause. It was concluded that the ions adsorption capacity by soil is an important characteristic given by the clay fraction and qualification the soil as apt to receive cemetery activities.

Keywords: *Toxicity, burial, ions, metals.*

INTRODUÇÃO

1.1 Solo

A definição de solo pode variar em virtude do uso que lhe é dado, sendo considerado um recurso natural lentamente renovável. (STRECK. *et al.*, 2008)

O solo é a camada da crosta terrestre que se encontra entre a rocha consolidada e a vegetação, sendo formado pela ação de diversos fatores relacionados as camadas que o delimitam. (COSTA, 2004).

1.1.1. Formação do solo

A ciência do solo ou pedologia – do grego *pedon*, (solo ou terreno) e *logos* (conhecimento) – tem por objetivo o esclarecimento da gênese do solo e, de maneira geral, de todos os processos e fenômenos que nele ocorreram. (COSTA, 2004).

A formação do solo, e a diversidade dos tipos desse, deve-se por processos relativamente lentos da ação de fatores ambientais no material de origem do solo, rocha ou sedimentos. Entende-se por fatores ambientais o clima, o relevo, os organismos que interagem com o solo, e o tempo que os fatores permanecem em interação com a matéria de origem (STRECK. *et al.*, 2008).

Devido aos diferentes fatores de formação do solo, pode-se classifica-los pelos seus tipos, a qual no campo é feita pela observação do perfil do solo. O perfil do solo é uma mostra sequência vertical de camadas relativamente paralelas à superfície, resultante da ação dos processos de formação do solo. As camadas são denominadas de horizontes pedogenéticos que são diferenciados entre si pela espessura, cor, textura, estrutura ou outras características.

Os principais horizontes, mas não necessariamente presentes, dos solos são representados pelas letras maiúsculas: O, A, B, C, ilustrado na Figura 1, e se caracterizam por apresentarem maior concentração de matéria orgânica decomposta, cor clara por perda de argilas, coloração intensa, pouca alteração por processos pedogenéticos e camada mineral de

material consolidado, respectivamente. Além destes, pode conter camadas de matéria orgânica pouco decomposta. (STRECK. *et al.*, 2008).

Figura 1: Perfis do solo.

Fonte: (SILVA, 2001).

A composição química do solo é bastante variável, contudo a matéria mineral principal é constituída por substâncias contendo átomos dos elementos químicos oxigênio, silício, e íons de Al(III) e Fe(III). Em geral, em menor proporção há a presença de íons Ca(II), Mg(II), Na(I), K(I), Ti(IV), P(V), Mn(II), S(IV e VI) e cloretos, além de uma grande quantidade de substâncias em níveis de traços. (COSTA, 2004).

1.1.2. Propriedades físico químicas

O solo, segundo conceitos da físico-química, trata-se de um sistema aberto, considerando que há passagem de energia e matéria entre ele e outros sistemas como a atmosfera, a hidrosfera e biosfera. Os materiais orgânicos e minerais sólidos que formam o solo apresentam porosidade, permitindo que sejam incorporados líquidos e gases nesses poros. O solo, é multicomponente por ser formado de materiais de diferentes características como substâncias inorgânicas e orgânicas, minerais diversos e substâncias de origem biológica incorporada, de tal forma que pode ser considerado um sistema com um grau relativamente elevado de complexidade (MELLO;

PEREZ,2009).

As reações químicas no solo podem ser descritas segundo princípios de reações em meio aquoso, isto porque a maior parte destas ocorrem nas interfaces sólido-líquido-gás. As reações químicas no solo podem ser classificadas segundo seus mecanismos como reações ácido-base, oxirredução, complexação e adsorção (MELLO; PEREZ, 2009).

1.2 Água

A água é uma substância química de grande presença na Terra e pode ser encontrada nos três estados de agregação da matéria, sólido, líquido e gasoso (MASTERTON *et al.*, 1990).

A água é fundamental para toda a forma de vida terrestre, para a saúde dos seres humanos e manutenção do ecossistema (HAIA, 2000).

Segundo a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura do inglês *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) cerca de 97% de toda a água no planeta Terra está localizada nos oceanos, dos 3% restantes que seria a água doce 77% está retida nos glaciares e *icebergs*, 22% constitui a água subterrânea e dos 1% que resta está dividido em: 62% lagos, 39% atmosfera e solos e menos de 0,4% em rios.

A água denominada subterrânea é aquela encontrada, abaixo da superfície da Terra, elas preenchem fissuras, poros ou frestas submetidas, a forças de adesão e gravitacional da qual destaca-se o papel importante na manutenção da umidade do solo. Ela se infiltra no solo e percola o interior do subsolo. Os fatores que interferem o período percorrido por ela são: porosidade, vegetação, inclinação do terreno e vazão de água. Uma parcela dessa fica retida nas regiões mais próximas da superfície do solo, através da força de adesão ou capilaridade denominadas zonas não saturadas, as zonas mais profundas são as saturadas (ABAS *apud* BORGHETTI *et al.* 2015).

A importância ecológica da água está associada ao fato de que todos os processos fisiológicos das plantas são, direta ou indiretamente, influenciados pelo suprimento hídrico (KRAMER & BOYER, 1995).

Durante a percolação da água, no solo, ocorre uma série de processos físico-químicos, como, troca iônica, remoção de sólidos em suspensão, neutralização de pH em meio poroso e processos bacteriológicos (ABAS *apud* SILVA, 2005).

Os contaminantes entram em contato com a superfície do solo, o que permite lenta lixiviação destes, e por apresentar a capacidade de lixiviação dos íons presentes, por vezes, podendo ser considerado contaminantes em função da concentração, que podem atingir a água de lençóis freáticos, porém uma parcela de contaminantes ficam armazenadas nos poros do solo (UNESCO, 2005).

1.3 Cemitérios

Segundo Pacheco, o ato de enterrar pessoas que vieram a óbito, está presente na cultura humana há mais de cem mil anos, sendo que o agrupamento de sepulturas em cemitérios, ou necrópoles, remonta há dez mil anos. (PACHECO *apud* BACIGALUPO, 2012). Presentes nas mais variadas culturas, ao longo do tempo, os cemitérios estão presentes em quase todas as cidades brasileiras.

Os cemitérios, também denominados necrópoles, têm por finalidade ser o local onde se enterram os mortos, bem como, espaço de práticas religiosas e memorial dos entes falecidos. A partir de tais práticas, foram incorporadas características de simbolismo de inviolabilidade, que por vezes dificulta à avaliação dos possíveis impactos ambientais associados à atividade de sepultamento (KEMERICH, *et al.* 2013).

As necrópoles constituem um causador potencial de degradação ambiental. Quando apresentam sepulturas malconservadas seus efeitos podem ser percebidos a partir de emissão dos gases funerários, ocasionando um odor desagradável; exposição destas a águas da chuva, propicia o processo de saponificação dos corpos e ainda o escoamento das águas que entram em contato com estas sepulturas em direção a alguma comunidade ou lugar que pode vir a trazer graves riscos à saúde da população que reside ao entorno da necrópole (BUCIGALUPO, 2012).

Segundo Lewis Mumford, a “cidade dos mortos” é antecessora a “cidade dos vivos”, pois

ele afirma que o homem paleolítico (35.000 a 10.000 a.C.), conforme seu hábito de vida nômade, deixavam seus mortos em moradias permanentes que poderiam ser desde uma cova a uma caverna distinguido por pedras. No período intermediário entre paleolítico e neolítico surgiram os primeiros cemitérios, os quais podiam conter túmulos individuais e coletivos (BAYARD, 1993).

Já Dias, destaca o período neolítico (5.000 a 2.000 a.C.) apontando que esta civilização concebeu inúmeros enterros, que poderiam ser isolados ou em série, de diferentes formas, como em covas rasas, grutas, fossas e até casas sepulcrais. Segundo Mumford, as variantes na inumação seriam decorrentes ao grau de civilização de cada tribo, seguido de condições climáticas e constituição geológica.

Só as cavernas já não eram suficientes, então começaram as construções megalíticas como: de *menir* que eram blocos compridos implantados no solo, quando alinhado e repetido, e quando em círculos denominava-se *cromlech*, já o *dolmen*, Figura 2, era, basicamente, quatro pedras dentro de uma cova com uma quinta que ficava aparente no solo e por vezes praticavam incineração em seus mortos (DIAS, 1963).

Figura 2: Dolmen.

Fonte: (BACIGALUPO, 2012)

Os egípcios, levaram o ato de sepultamento a um nível maior, ao acreditarem na vida após a morte faziam de tudo para preservar o corpo através das conhecidas mumificações, haviam tipos de mumificação, conforme o valor que cada pessoa poderia pagar. (GRAJETZKI, 2003).

Para que fossem melhoradas as sepulturas, a fim de prevenir que cheias ou

desastres naturais pudessem expor os cadáveres, elas passaram a ser cobertas por tijolos, gesso, pedras e outros materiais, e foi sendo aperfeiçoado passando a tumbas até as famosas pirâmides, mas essas eram túmulos individuais ou para poucas pessoas, porém, ao seu entorno havia outras tumbas que constituíam a necrópole (DIAS, 1963).

Os primeiros cemitérios cristãos foram as catacumbas, que eram galerias subterrâneas ou grutas, onde os corpos eram enterrados em solo sagrado (FARGETTE-VISSIÈRE, 2009).

A partir disso, o sepultamento começou a ser feito nas proximidades de igrejas, em conventos e mosteiros, capelas particulares de acordo com a classe econômica do indivíduo, pois os pobres eram enterrados em valas comuns afastadas. Após isso, a preocupação com a higiene passou a ser foco e deu início a sepultamento extramuros, para que os vivos não fossem expostos aos mortos (REIS, 1991).

No Brasil a maioria dos cemitérios são relativamente antigos, e localizados em locais de baixo valor econômico, por vezes sem considerar a viabilidade hidrológica e geológica de comportar as atividades cemiteriais (KEMERICH, *et al*, 2013).

A proximidade de um grande número de pessoas agrava o potencial contaminante dos cemitérios. Em regiões urbanas a operação inadequada de necrópoles pode alterar as características do manancial hídrico e do solo podendo vir a causar degradação ambiental (FERREIRA, *et al*, 2014).

1.4 Contaminação por necrochorume

Após a morte, o corpo entra em decomposição e dependendo das condições pode ocorrer putrefação com liberação de considerável volume de necrochorume, gerando efluente líquido, com grande potencial contaminante (BUCIGALUPO, 2012).

A decomposição, por vezes, pode produzir substâncias potencialmente poluidoras, das quais, destacam-se, por exemplo, o gás metano ($\text{CH}_{4(g)}$), o necrochorume, além de diversos possíveis poluentes presentes nos materiais envolvidos no sepultamento, e conseqüentemente, quando identificada a contaminação, há alteração química da

constituição do solo (SILVA. *et al.*, 2006.).

Há registros de casos históricos de contaminação das águas subterrâneas oriundos de cadáveres em águas utilizadas como fonte de abastecimento ao consumo humano. Foi observada que a incidência de febre tifoide entre pessoas que residiam nas proximidades de cemitérios era maior do que em relação às pessoas que não moravam nesses locais. (BOUWER, 1978).

O necrochorume é um líquido liberado pelos cadáveres em putrefação sendo uma solução aquosa com altos teores de sais minerais e substâncias orgânicas, de tonalidade castanho-acinzentada e consistência viscosa. Sua constituição é de 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas e pode conter microrganismos patogênicos (SILVA *et al.*, 2006).

O necrochorume pode apresentar em sua constituição resíduos de tratamentos hospitalares, como de quimioterápicos, a formaldeído e metanol, usados em processos de conservação de cadáveres, assim como, patógenos relacionados a mortes por doenças infectocontagiosas. Além, de óxidos metálicos provenientes das urnas mortuárias (SILVA, MALAGUTTI, MOREIRA. 2009).

O necrochorume apresenta uma elevada carga poluidora, podendo contaminar o solo. Dados das concentrações dos íons de metais potencialmente tóxicos de cobre e bário obtidos por análise de fluorescência de raios-X por energia dispersiva do solo do cemitério municipal de Seberi, Rio Grande do Sul (Brasil), indicaram a contaminação por apresentar valores acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 420/09. (KEMERICH *et al.*, 2012).

Entretanto, estudos realizados no cemitério municipal do Boqueirão, Curitiba-Paraná, utilizando difratometria de raios-X para determinar minerais da fração de argila do solo e espectrofotometria de absorção por atomização em chama para quantificação de íons de metais potencialmente tóxicos ($\text{Cr}^{6+}_{(\text{aq})}$, $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$, $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$, $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ e $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$) tanto quantidade total quanto a fração de íons trocáveis no solo, demonstrou que neste caso a alta capacidade do solo de adsorver cátions de metais, devido à composição da argila, constituída, principalmente, de caulinita ($\text{Al}_2\text{SiO}_5(\text{OH})_4$), Figura 3 que apresenta cargas negativas na superfície de suas partículas, reduziu o potencial destes de agirem como

contaminantes. (BARROS *et al.*, 2012).

Figura 3: Estrutura da caulinita.

Fonte: (COELHO; SANTOS, 2007).

Silva e Malagutti (2010) através da técnica de imageamento elétrico, a qual é baseada na medição da resistividade aparente ao longo de um perfil do solo (GANDOLFO, 2007), no cemitério municipal de Vila Rezende estado de São Paulo, Brasil, encontraram possíveis plumas de contaminação em regiões específicas, mesmo o solo não sendo favorável a percolação de necrochorume devido a predominância de argila.

Estudos realizados no cemitério do Campo Santo, em Salvador-Bahia, através da análise das águas dos poços artesianos demonstraram parâmetros: pH, cor aparente e turbidez, estavam em desacordo com as normas nacionais (SANTOS, MORAES, NASCIMENTO, 2015).

1.5 Problemática dos Íons Alumínio.

Os átomos do elemento químico alumínio são os mais abundantes entre os metais na crosta terrestre (HANG, 1984).

O íon de Alumínio ocorre em diferentes espécies químicas no solo. Esse íon se hidrolisa em solução, de forma que a espécie Al^{3+} , predomina em meio ácido ($\text{pH} < 5,0$), enquanto que as espécies $\text{Al}(\text{OH})^{2+}_{(\text{aq})}$ e $[\text{Al}(\text{OH})_2]^+_{(\text{aq})}$ são formadas em pH maiores. Em pH próximos da neutralidade ocorre a fase sólida $\text{Al}(\text{OH})_3$ e o $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ predomina em condições alcalinas. Muitos destes cátions de Al monoméricos ligam-se a ligantes orgânicos e inorgânicos como PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , F^- , ácidos orgânicos, proteínas e lipídios (DELHAIZE & RYAN, 1995).

Em solos de comportamento ácido, pH menor ou igual 5,0, o alumínio presente pode se tornar tóxico (BENNET & BREEN, 1991).

O processo natural de acidificação do solo é muitas vezes intensificado por práticas de descarte de resíduos (RAO *et al.*, 1993). Pode-se salientar que todos resíduos de plantas orgânicas, fertilizantes a base dos íons de nitrato-fosfato-potássio e materiais nitrogenados são fontes de acidez (BOHNEN, 1995).

A correção da acidez em solos é realizada por calagem, porém essa é uma prática de ação superficial que visa a neutralização de íons hidrônios e alumínio trivalente, em maiores profundidades essa prática não se mostra eficaz (ECHART; CAVALLI-MOLINA, 2001).

O pH de solos de regiões tropicais e subtropicais úmidos é influenciado pela remoção de cátions de característica básica, como íons cálcio, magnésio, potássio, por efeito da lixiviação ocasionadas pelas precipitações pluviométricas, resultando em solos geralmente ácidos (ECHART; CAVALLI-MOLINA, 2001).

A ação da matéria orgânica também acarreta na diminuição do pH na condição ácida o íon hidrônio interage com os minerais do solo liberando íons de alumínio trivalente para solução do solo (BOHNEN, 1995).

Os íons $Al^{3+}_{(aq)}$ passam a ser considerados um problema, quando está biodisponível em solos de uso agrícola. A toxicidade deste íon nas raízes de plantas é comprovadamente causada pela espécie trivalente (KINRAIDE, 1991).

Segundo Zhang (1991), os íons alumínio, por ser um ligante metálico com preferência por doadores de oxigênio e alta afinidade por grupos carboxila e fosfato, se liga principalmente aos componentes da parede celular dos tecidos vegetais nas raízes de plantas.

O íon de alumínio, também é transportado através da membrana plasmática da raiz para dentro das células (LAZOF *et al.*, 1994).

O íon alumínio pode interagir com os ácidos nucléicos e esse tem sido detectado nos núcleos das células das raízes (MATSUMOTO *et al.*, 1976).

Além disso, ocorre competição entre íons Al^{3+} e de Ca^{2+} , e o potencial do Al^{3+} em interagir com qualquer sistema que utiliza Mg^{2+} ou qualquer forma de fosfato (MARTIN, 1988).

É admitido que íons Alumínio afetam a fluidez da membrana por alterar o ambiente químico dos lipídios dessa, provavelmente, por formar ligações entre as regiões polares dos fosfolipídios (ZHAO *et al.*, 1987).

1.6 Legislação

A instalação dos cemitérios, até recentemente, não possuía especificações legais, essa condição foi alterada em função a emissão da RESOLUÇÃO nº. 335, de 3 de abril do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (CONAMA, 2015). Anteriormente, não eram observadas às condições ambientais do terreno que a necrópole era instalada, principalmente no que tange às contaminações oriundas das atividades sepulcrais.

A Resolução CONAMA nº 355/03 estabelece critérios para o licenciamento ambiental de cemitérios, tendo como dados necessários para tal caracterização da área na qual será implantado o empreendimento, projeto do desse e o executivo contemplando as medidas de mitigação e de controle ambiental, além das especificidades para cemitérios horizontais e verticais visando a manutenção das condições adequadas do ambiente. (CONAMA, 2003).

Esta resolução foi alterada pela Resolução 368/06, no terceiro e o quinto artigos da antiga resolução visando à clara compreensão da norma em especial a proteção de mananciais localizados em áreas metropolitanas, como por exemplo, correta medição do nível do lençol freático que deve ser feita no final do período da estação da cheia (CONAMA, 2006).

Em 2008 foi realizada a última modificação da legislação brasileira referente a licenciamento ambiental, pela Resolução 402/08 do CONAMA que modificou o texto dos artigos 11 e 12 da Resolução 355/03 estabelecendo a data de dezembro de 2010 para os órgãos competentes estabelecerem critérios para adequação de cemitérios e formalização de plano de encerramento de atividade (CONAMA, 2008).

DESENVOLVIMENTO OU MATERIAL E MÉTODOS OU PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Caracterização do estudo

Este estudo se caracterizou por ser de cunho bibliográfico que segundo Moresi, relata que:

“Pesquisa bibliográfica é o estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral. O material publicado pode ser fonte primária ou secundária”. (MORESI, 2003).

2.2 Plano de coleta de dados

O presente trabalho foi realizado obtendo dados de bases de literatura para organizar uma revisão de literatura sobre os principais aspectos sobre contaminação de solos de cemitérios.

Por se tratar de um levantamento de dados de literatura foram pesquisadas referências anteriores e também, atuais sobre o assunto, sendo que os artigos consultados de periódicos disponíveis no Google Acadêmico, em sites de busca como Periódicos Capes, *Science Direct*, *Scirus*, *Scielo*, entre outros e livros do acervo da Rede de Bibliotecas da Universidade de Passo Fundo.

Inicialmente, foi realizado um levantamento prévio, como forma de selecionamento publicações com data posterior a 1960. Após foi realizada leitura, fichamento e avaliação das referências mais relevantes sobre o assunto, destacando-se os seguintes aspectos:

- Possíveis contaminantes inorgânicos gerados na putrefação dos cadáveres;
- Comparar os parâmetros físico-químicos do solo e das águas subterrâneas próximas a cemitérios relacionados aos valores de referência;

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Estudos realizados por Kemerich *et al.* em 2013, no cemitério municipal de Seberi, noroeste

do estado do Rio Grande do Sul constataram alteração das condições químicas do solo em função das atividades cemiteriais. O estudo feito através de análises de amostras de solo por Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva, do modelo Shimadzu EDX-720. A amostras do solo do cemitério foram coletadas em 10 pontos, e em cada ponto foi retirada uma cota a cada 50 cm de profundidade, iniciando-se com a amostra superficial em 0 cm até a profundidade de 300 cm, totalizado 7 amostras por ponto. de amostras. A tradagem para coleta das amostras foi realizada em função da topografia existente no terreno e do fluxo preferencial de água superficial como mostrado na Figura 4.

Os resultados obtidos para o elemento alumínio mostraram grande relação com a cota topográfica e com a atividade de sepultamento como pode ser observado nas concentrações mostradas na Gráfico 1.

Resultados para íons de cálcio mostram maiores concentrações deste elemento ocorreram nas amostras superficiais, exceto no P9 em que a concentração máxima encontrada foi entre 0 e 50 cm. Os menores valores estão abaixo de 200 cm de profundidade. O Gráfico 2 mostra a dispersão entre pontos e profundidades.

Como pode ser observado, as maiores concentrações deste elemento ocorreram o no ponto P10, evidenciando a relação da concentração de cálcio com a cota topográfica do terreno, já em relação as profundidades, os maiores valores encontraram-se em 100 cm. (KEMERICH *et al.*, 2013).

Estudos realizados cemitério municipal do Boqueirão, Curitiba (Paraná), utilizando espectrofotometria de absorção atômica para quantificação de íons de metais potencialmente tóxicos (Cr, Cu, Zn, Pb e Ni), Tabela 1. Os teores totais dos metais analisados ficaram abaixo dos valores orientadores de Prevenção (VP) estabelecidos pela Cetesb (2005) e Resolução Conama nº 420/2009 (BRASIL, 2009), que é a concentração acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo. Entretanto, alguns teores ficaram acima dos valores de Referência de Qualidade (VRQ), que é a concentração que define um solo como “limpo”. Isto ocorreu para Ni, Pb e Zn (BARROS *et al.*, 2012). E considerando os teores encontrados por Pires (2004) nos solos, sob condições naturais, originados do mesmo

material de origem, na Região Metropolitana de Curitiba, estes foram muito inferiores aos encontrados pelos estudos de Barros et al, 2012. Tais valores poderiam ser um indicativo da contribuição do cemitério para chumbo e zinco. De acordo com Silva (1999), a origem dos metais pesados nos cemitérios está relacionada aos materiais usados na confecção de caixões, tintas e alças, processos de embalsamento, e ainda, dos próprios corpos em decomposição.

Segundo Tonissi (1999), a fração biodisponível dos metais é a responsável pela contaminação de organismos bentônicos e da coluna d'água. Devido a isso, por ser a fração trocável prontamente disponível aos organismos do solo e da água.

A concentração de metais trocáveis foi baixa, principalmente se comparada com o VRQ da Cetesb, sendo inclusive não detectada pelo método analítico (EAA). A grande diferença entre os teores totais e trocáveis deve-se a formas mais estáveis dos metais, preferencialmente, nas formas estruturais e adsorvidos especificamente (formação de complexo de esfera interna) (BARROS et al., 2012).

Ressaltou-se a eficiência do calçamento como barreira física para a infiltração de necrochorume no solo. Entretanto, deve-se atentar-se para a qualidade das águas superficiais que escoam até as redes de drenagem (BARROS et al., 2012).

Resultados de estudos realizados no solo do cemitério de São José na cidade de Ituiutaba – MG, Tabela 2, demonstram que para matéria orgânica e íons Zn^{2+} após a profundidade inicial, ocorre um aumento de valores, provavelmente em função de contaminações provenientes das sepulturas presentes.

Estudos realizados no cemitério do Campo Santo, em Salvador-Bahia, através da análise das águas dos poços artesianos locais seguindo metodologia *Standard methods of examination of water and waste water* (do inglês Métodos padrão de exame de água e águas residuais) demonstraram que no período seco da região os parâmetros avaliados, em nove pontos foram: pH (potencial hidrogeniônico), cor aparente e turbidez, de acordo com a Tabela 3, estavam em desacordo com as normas nacionais. (SANTOS, MORAES, NASCIMENTO, 2015).

As Tabelas 4 e 5 demonstram os resultados do bioensaio de toxicidade aguda com

oligochaetas considerando a concentração de solo de cemitério, rural e urbano, realizado em Santa Maria-RS, evidenciando alterações provenientes das atividades realizadas no cemitério (FRANCISCANO et al., 2016).

CONCLUSÕES:

Através dessa pesquisa pode-se observar que devido à complexidade do solo, em função da heterogeneidade de seus componentes e do sistema de triplo estado de agregação, sólido-líquido-gasoso, apresenta grande variedade interações, exposto isso a qualificação de um solo como apto para suportar as atividades cemiteriais com segurança a possíveis contaminações oriundas de sinistros destas, é muito particular em cada caso, sendo a fração de argila importante fator em virtude de sua capacidade de adsorção de íons de metais, devido sua área de superfície elevada em comparação as demais partículas do solo e por apresentarem grupos nucleofílicos capazes de interagir com espécies de carga positiva.

REFERÊNCIAS:

1. Aries, p. O homem perante a morte. Lisboa, publicações. Europa américa. Vol. 2 1977.
2. Bacigalupo, rosiane. Cemitérios: fontes potenciais de impactos ambientais. Disponível em: <<http://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/niesbf/article/view/4461/3264>> acesso em: 14 de abr. 2015.
3. Barros, yara jurema et. Al. Mineralógica de solos do cemitério municipal de santa cândida, curitiba (pr)<<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n4/a41v32n4.pdf>>. Acesso em: 14 de março de 2012
4. Bayard, j.p. *le sens cache del rites mortuaires*. França, edition dangle. 1993.

5. Bayard, jean-pierre. *Sentido oculto dos ritos funerários: morrer é morrer?*São paulo: paulus, 1996
6. Bennet, r.j., breen, c.m. the aluminium signal: new dimensions to mechanisms of aluminium tolerance. *Plant and soil, netherlands*, v.134, p.153- 66, 1991.
7. Bohnen, h. Acidez e calagem. In: gianello, c., bissani, c.a., tedesco, **princípios de fertilidade de solo**. Porto alegre: dep. De solos. Fac. De agronomia. Ufrgs, 1995. P.51-76.
8. Bouwer, h. *Groundwater hydrology*. New york: mcgraw-hill, 1978. 375p.
9. Campos a. Avaliação do potencial de poluição dos solos e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial. São paulo; 2007.
10. Conselho nacional do meio ambiente – conama. **Resolução nº 368, de 3 de abr. De 2003**.dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res03/res33503.xml>>acesso em: 18 de ago. 2015.
11. Conselho nacional do meio ambiente-conama. Resolução nº 335,
12. Conselho nacional do meio ambiente-conama. Resolução nº 368, de 17 de nov. De 2008. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/conama_res_cons_2008_402.pdf> acesso: 2 de set. 2015.
13. Conselho nacional do meio ambiente-conama. Resolução nº 368, de 29 de mar. De 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/conama_res_cons_2003_335.pdf>. Acesso em : 2 de set 2015.
14. Costa, joaquim b. Da. Caracterização e constituição do solo. 7. Ed. Lisboa: fundação calouste gulbenkian, 2004.
15. De 3 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/conama_res_cons_2003_335.pdf>. Acesso em : 2 de set 2015.
16. Delhaize, e., ryan p.r. aluminum toxicity and tolerance in plants. **Plant physiology**, minneapolis, v.107, p.315-321, 1995.
17. Dias, v. M. L. Notícia histórica da inumação. Portugal, editora coimbra. 1963.
18. Fargette-vissière, séverine. Os animados cemitérios medievais. *História viva*. 67 ed, p. 48-52, maio, 2009
19. Echart, cinara lima; cavalli-molina, suzana. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. *Ciência rural*, santa maria-rs, v. 31, n. 3, p.531-541, dez. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v31n3/a30v31n3.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2016
20. Gandolfo, o.c.b. um estudo do imageamento geoelétrico na investigação rasa. São paulo, 2007. 215 p. Tese (doutorado em geociências) – instituto de geociências, universidade de são paulo
21. Grajetzki, wolfram. *Burial customs in ancient egypt: life in death for the rich and poor* . Norfolk: gerald duckworth and co., ltd. 2003.
22. Hang, a. Molecular aspects of aluminum toxicity. **Crc critical**

- reviews in plant sciences**, boca raton, v.1, p.345-373, 1984.
23. Kemerich, pedro daniel da cunha. Et. Al. Potencial de contaminação do solo em cemitério na cidade de seberi – rs. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs2.2.2/index.php/cienciaenatura/article/view/12566>>. Acesso em: 18 ago. 2015.
 24. Kemerich, pedro daniel da cunha. Et. Al. Valores anômalos de metais pesados em solo de cemitério. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92823615012>>. Acesso em: 18 ago. 2015.
 25. Kinraide, t.b. identity of the rhizotoxic aluminum species. **Plant and soil**, netherlands, v.134, p.167-178, 1991.
 26. Kramer, p. J.; boyer, j. S. Water relations of plants and soils. Academic press: 1995. 495p.
 27. Lazof, d.b., goldsmith, j.g., rufty, t.m., et al. Rapid uptake of aluminum into cells of intact soybean root tips. A microanalytical study using secondary ion mass spectrometry. **Plant physiology**, minneapolis, v.106, p.1107-1114, 1994.
 28. Martin, r.b. bioinorganic chemistry of aluminum. In: sigel, h., sigel, a. (eds.). Metal ions in biological systems, v.24, aluminum and its role in biology. New york : marcel dekker, 1988. P.1-57.
 29. Masterton, w., slowinski, e.j. e stanitski, c.l. princípios de química. 6a . Ed. Rio de janeiro: ltc editora, 1990.
 30. Matsumoto, h., hirasawa, f., torikai, h., et al. Localization of absorbed aluminium in pea root and its binding to nucleic acid. **Plant cell physiology**, yoto, .17, p.627-631, 1976.
 31. Melo, vander de freitas; alleoni, luís reynaldo ferracciú. (ed) química e mineralogia: parte i – conceitos básicos. Viçosa, mg: sociedade brasileira de ciências do solo, 2009.
 32. Mumford, lewis. *A cidade na história: suas origens, transformações e perspectivas*. Trad.: neil r. Da silva. 4 ed. São paulo: martins fontes, 1998
 33. [Php/gesta/article/viewarticle/12456](http://gesta/article/viewarticle/12456)>.
 34. Rao, i.m., zeigler, r.s., vera, r., **et al.** Selection and breeding for acid-soil tolerance in crop. **Bioscience**, washington, v.43, n.7, p.454-465, 1993.
 35. Reis, joão josé. *A morte é uma festa: ritos fúnebres e revolta popular no brasil do século xix*. São paulo: companhia das letras, 1991
 36. Santos, aline gomes da silva dos; moraes, luis roberto santos; nascimento, sérgio augusto de morais. Qualidade da água subterrânea e necrochorume no entorno do cemitério do campo santo em salvador/ba. Disponível em <<http://www.portalseer.ufba.br/index>>.
 37. Silva, robson willians da costa; malagutti filho, walter. Emprego do imageamento elétrico no estudo da contaminação por cemitérios. **Geociênc.** (são paulo), são paulo, v. 29, n. 3, 2010 . Disponível em <http://papegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0101-90822010000300006&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em 22 out. 2015.
 38. Silva, robson willians da costa; malagutti, walter; moreira, César augusto. Emprego do método da eletroresistividade no estudo da contaminação subterrânea do cemitério municipal de vila rezende, piracicaba – sp. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbg/v27n3/a07v27n3.pdf>>. Acesso em: 15 de jun. 2015.

39. Silva, valéria t. Da, *et al.* Um olhar sobre as necrópoles e seus impactos ambientais. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0cb4qfjaaahukewjiutxmrphahxhgzakhagdbmm&url=http%3a%2f%2fwww.anppas.org.br%2fencontro_anual%2fencontro3%2farquivos%2fta55905032006212429.doc&ei=yhhtvci2lmedwgsoh5iybg&usg=afqjcnhj_nn7exwxnelj2pm_6avk36l4g&sig2>

=2e7oakxgliaqygxsi2zmsg>. Acesso em: 18 de ago. 2015.

40. Streck, edemar valdir. Et al. Solos do rio grande do sul. 2.ed. Porto alegre: emater/rs, 2008.
41. Silva, josé de ribamar. Perfil de solo. Rio branco: universidade federal do acre, 2001. 20 p. Disponível em: <<http://www.ufac.br/porta1/programas-de-bolsas-estudantis/programa-de-educacao-tutorial-pet/grupos-pet/pet-agronomia-1/apoio-didatico/genese-e-morfologia-do-solo/unidade5-b-perfil-de-solo>>. Acesso em: 11 jun. 2016.

Figura 4: Representação dos locais de amostragem em função de cota topográfica.

Gráfico 1: Concentração de íons de Al^{3+} nos diferentes pontos (a) e em diferentes profundidades (b).

Fonte: (KEMERICH *et al.*, 2013)

Gráfico 2: Concentração de íons de Ca^{2+} nos diferentes pontos (a) e em diferentes profundidades (b).

Fonte: (KEMERICH *et al.*, 2013)

Tabela 1: Concentrações de íons de metais potencialmente tóxicos em mg.kg^{-1} .

Pontos	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	18,9	48,1	41,3	110,6	234,3
2	27,8	44,8	28,6	86,8	193,8
3	16,3	38,1	33,4	73,9	190,9
4	20,7	44,8	32,5	78,9	178
5	15	43,9	38,4	64,4	100,8
6	17,8	34,1	30,6	55,5	119,5

Fonte: (BARROS *et al.*, 2012).

Tabela 2: Níveis de íons Cu, Zn e MO

Profundi-dade (m)	Cu ²⁺ (mg.kg ⁻¹)	Zn ²⁺ (mg.kg ⁻¹)	MO (mg.kg ⁻¹)
0,2	3,40	23,30	4,00
0,7	7,90	0,30	1,48
1,0	2,60	0,60	1,80
2,0	3,40	0,80	1,91

Fonte: (PEREIRA, 2014)

Tabela 2: Parâmetros avaliados em águas de poços artesianos

	I	II	III	IV
Turbidez	0,02	0,02	5,00	0,02
pH.	5,42	5,37	5,80	5,74
Cor aparente	0,00	0,00	0,00	0,00
	V	VI	VII	VIII
Turbidez	0,02	0,02	0,02	0,02
pH.	5,63	5,49	5,99	6,01
Cor aparente	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: (SANTOS, MORAES, NASCIMENTO, 2015).

Tabela 3: Bioensaio de toxicidade com 30 oligochaetas expostas a diferentes concentrações de solo de cemitério rural.

Grupo	Conc. Solo cemitério (g.kg ⁻¹)	Número de mortos
0	0	0
1	500	23
2	750	28
3	1000	30

Fonte: (FRANCISCANO *et al.*, 2016).