
Análise de contaminações causadas por cemitérios

Analysis of contaminations caused by cemeteries

Leon de Souza Ferreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA. Acadêmico do curso Superior em Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus Belém*. **Endereço:** Passagem Pedreirinha, 93. Guamá – Belém/PA – CEP: 66075-620. **E-mail:** leonsouza.ferreira@gmail.com

Erik dos Santos Diniz

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA. Acadêmico do curso Superior em Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – *Campus Belém*.

Ilka Suely Dias Serra

Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - *Campus Belém*. Engenheira Sanitarista. Mestre EPUSP/SP em Engenharia Civil/Hidráulica.

RESUMO

Esta pesquisa visa evidenciar o cenário gerado por cemitérios quanto a contaminação por resíduos tóxicos oriundos da decomposição de cadáveres, identificando as características e elementos que intensificam a contaminação do solo e mananciais subterrâneos, apresentando parâmetros de análises que podem evidenciar este problema, em particular no contexto gerado pela pandemia da COVID-19. Buscou-se demonstrar os principais elementos que devem ser levados em consideração no aspecto construtivo dos cemitérios, principais leis que definem sua regularidade, os parâmetros físico-químicos e biológicos a serem analisados para identificação de contaminações por necrochorume, bem como, apresentar e caracterizar soluções que mitigam ou eliminam a possibilidade de contaminação do solo e/ou mananciais subterrâneos como filtros biológicos, pastilhas e mantas absorventes. Foi apresentado também o possível potencial contaminador que os sepultamentos realizados no Cemitério de Santa Izabel, em Belém do Pará, nos anos de 2019 (com um total de 1.174 sepultamentos), 2020 (com um total de 1.774 sepultamentos) e em 2021 até o mês de maio (com total de 1.063 sepultamentos), resultando em uma produção aproximada de 156.429 L de necrochorume, produzidos ao longo do ciclo de decomposição destes corpos.

Palavras-chave: Cemitérios. Necrochorume. Contaminação. COVID-19.

ABSTRACT

This research aims to highlight the scenario generated by cemeteries regarding contamination by toxic waste from the decomposition of corpses, identifying the characteristics and elements that intensify the contamination of the soil and underground sources, presenting analysis parameters that can highlight this problem, particularly in the context generated by the COVID-19 pandemic. We sought to demonstrate the main elements that must be taken into account in the construction aspect of cemeteries, the main laws that define their regularity, the physical-chemical and biological parameters to be analyzed to identify contamination by necroscent, as well as present and characterize solutions that mitigate or eliminate the possibility of contamination of the soil and/or underground sources such as biological filters, tablets and absorbent blankets. It was also presented the possible contaminating potential that the burials carried out in the Santa Izabel Cemetery, in Belém/Pará, in the years 2019 (with a total of 1,174 burials), 2020 (with a total of 1,774 burials) and in 2021 until the month of May (with a total of 1,063 burials), resulting in an approximate production of 156,429 L of necroslurry, produced during the decomposition cycle of these bodies.

Keywords: Cemeteries. Necroslurry. Contamination. COVID-19.

INTRODUÇÃO

O bem-estar público, as condições mínimas de salubridade e a saúde da população são condições mínimas para o convívio social e a promoção da satisfação social; e esses são direitos básicos assegurados pelo artigo 196 da constituição federal onde está descrito:

A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação (Brasil, 1988)

É direito básico e dever do Estado assegurar outros elementos básicos para a boa vivência de seu cidadão em sociedade, moradia, lazer, segurança, educação são alguns dos elementos cruciais no que diz respeito a esses direitos, o saneamento entra como um fator que dialoga com vários destes elementos e atua como um “co-auxiliar” a parâmetros essenciais em uma gestão eficiente.

Falar de saneamento e saúde não é apenas entender como ausência de enfermidades e doenças, mas abrange aspectos que vão da saúde mental, física e social de um indivíduo como define SOUZA *et al.*, (2015), tornando a boa e efetiva gestão deste eixo bem mais complexa e desafiadora no que tange o planejamento, execução e fiscalização de ações direcionadas a esta temática no âmbito social.

Observando estes fatores, um elemento que deve ser levado em

consideração no que diz respeito à garantia da qualidade do abastecimento de água e a segurança do solo, quanto a possíveis contaminações, é a implantação de cemitérios em áreas urbanas, já que pode ser um elemento modificador da paisagem urbana e é de significativo impacto ambiental, se for executado sem seguir critérios construtivos corretos e sem o devido acompanhamento pelos órgãos fiscalizadores.

Quando falamos de grandes necrópoles na capital paraense podemos citar, em particular, o cemitério de Santa Izabel implantado no ano de 1878, que está em pleno funcionamento até os dias de hoje (BOTELHO, 2018).

Como principal objetivo demonstraremos os cuidados específicos, as principais regulamentações, passivos gerados e métodos de identificação de contaminação através de análises e mitigação de impactos, visando dar um horizonte quanto aos cuidados necessários e potenciais riscos gerados a partir desta atividade.

Este artigo tem a seguinte estruturação: revisão bibliográfica; metodologia; área de estudo, onde foi escolhido o cemitério de Santa Isabel; resultados e discussões e conclusão.

A revisão bibliográfica que foi subdividida em: a origem dos cemitérios e as formas de sepultamento utilizados; legislação atual, onde demonstram as principais normativas que definem os padrões construtivos dos cemitérios; a caracterização do necrochorume, descrevendo o que é e suas

características químicas e fisiológicas; as formas de contaminação por necrochorume, onde ficam expressas as formas pelas quais o necrochorume pode afetar o meio ambiente bem como os métodos de identificação desta contaminação; as medidas mitigadoras, onde buscou-se pontuar alternativas que mitigam possíveis contaminações causadas por cemitérios.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A origem da palavra *cemitério* vem do latim *coemeterium*, que, por sua vez, deriva de *cinisterium* (*cinos*: doce e *renor*: mansão), assim como do grego *kouméterion*, de kaimão, que significa “eu durmo” (CAMPOS, 2007). Em sentido estrito, *cemitério* é o local em que é dada a sepultura, pelo ato de enterrar diretamente no solo e tem como alguns sinônimos as palavras necrópole, sepulcrário, campo santo e última morada.

Esta prática começou a aumentar as preocupações com a saúde pública na época devido ao crescimento populacional e a expansão dos cemitérios nas igrejas, que não foram projetados para acomodar de forma correta, os cadáveres que durante o processo de decomposição ocasionam eventualmente a liberação de substâncias prejudiciais a saúde da população (SILVA; SUGUIO; PACHECO, 2008).

Na primeira década do século XIX, a prática mais comum no Brasil era a de enterrar os corpos cobertos apenas por um manto branco e muitas

vezes em covas rasas, vindo a causar futura exposição dos cadáveres devido às situações climáticas das localidades. Já na metade do século XIX houve mudanças no sepultamento, os cemitérios se distanciaram ainda mais das áreas urbanas, as covas eram feitas em maiores profundidades, era o que previa o Governo Imperial na Carta Régia nº 18, de 14 de janeiro de 1801, cujas intenções eram evitar a contaminação dos vivos por substâncias que davam origem a doenças graves, prejudicando assim a situação da saúde pública (RANGONI, 2014).

As necrópoles ou os cemitérios são equipamentos urbanos presentes em praticamente todos os municípios da federação, são verdadeiros monumentos históricos, presentes no cenário das cidades; podemos citar na cidade de Belém, no bairro do Guamá, seu “centenário” Cemitério de Santa Izabel (DIAS JR., 2009).

TIPOS DE SEPULTAMENTO

Os métodos utilizados para o acondicionamento dos mortos podem variar, algumas vezes os aspectos culturais podem influenciar neste fato, porém, tradicionalmente podemos citar:

Inumação

A inumação é o ato de enterrar o falecido em cova aberta e aterrada em profundidades entre 1,10 a 1,50m, ou colocá-lo em uma superfície e cobri-lo de terra e pedras, ou depositá-lo em uma cavidade ou

caixa apropriadamente cuidada. Este tipo de sepultamento é geralmente utilizado em cemitérios localizados em periferias ou nas proximidades destas e em pequenas cidades do interior. Contudo, o termo está associado à definição de todo o sepultamento, portanto independentemente do tipo de cemitério analisado (CAMPOS, 2007).

Tumulação

A tumulação é a ação de sepultar os cadáveres em túmulos pré-fabricados conhecidos como carneiros ou gavetas, construídas parcialmente ou totalmente subterrâneas, feitas de alvenaria ou concreto, teoricamente bem seladas, de forma a impedir emissão de gases, com profundidade máxima de cinco metros. (PACHECO, 2000).

TIPOS DE CEMITÉRIOS

Os Cemitérios são áreas utilizadas para a destinação final dos cadáveres, permeadas de simbolismo e crenças, porém, sua função finalística é a última instância dos cadáveres, dentre os principais tipos de cemitérios, citam-se: Horizontais ou tradicionais, verticais, jardins e crematórios.

Horizontais ou tradicionais

Os cemitérios tradicionais se caracterizam por locais de sepultamento subdivididos em tumbas, mausoléus ou jazigos; requerem uma área extensa para serem locados, seu acesso é feito

através de alamedas ou caminhos entre os locais de sepultamento. Geralmente tem sua arquitetura revestida de mármore podendo ou não apresentar arborização. (KEMERICH *et al.*, 2014)

Verticais

Os cemitérios verticais são prédios de um ou mais pavimentos que oferecem lóculos, ou gavetas, para o sepultamento, onde são organizadas uma ao lado da outra formando andares, que devem conter sistema de tratamento para os gases do necrochorume e sistema de vedação, para que estes gases não cheguem às áreas comuns de acesso de visitantes e funcionários.

Os cemitérios verticais possuem, além dos lóculos, crematório, ossário e cinerário (KEMERICH *et al.*, 2014).

Jardins

Os cemitérios do tipo parque ou jardim teve origem nos Estados Unidos e podem ser entendidos, segundo a resolução CONAMA nº 335, de 3 de abril de 2003, como áreas destinadas ao sepultamento de cadáveres, que de forma predominantemente são recobertos por jardins, isento de construções tumulares, e no qual as sepulturas são identificadas por uma lápide, ao nível do chão, e de pequenas dimensões (Pode diminuir ou ser totalmente tirado).

Crematórios

O crematório destina-se à incineração de cadáveres. É constituído de fornos, com filtros capazes de reter material particulado, que queimam corpos em compartimentos fechados. O corpo passa pelo processo por uma hora e após o procedimento restam apenas cinzas, que são entregues aos familiares depois de sete dias em uma urna apropriada (CAMPOS, 2007).

LEGISLAÇÃO ATUAL

As Resoluções CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986, e a nº 237, de 19 de dezembro de 1997, preveem as atividades sujeitas a licenciamento ambiental, as quais necessitam de um estudo aprofundado sobre seus passivos e reflexos no meio circunvizinho de onde serão instaladas. Associado a isto, outras políticas municipais devem ser observadas, como a lei de zoneamento territorial urbano.

A Resolução CONAMA 335, de 3 de abril de 2003, prevê o licenciamento de cemitérios verticais e horizontais, demandando uma série de análises que visam definir se a área pretendida para a implantação do empreendimento é viável, se seus passivos ambientais e impactos gerados podem acarretar problemas de saúde pública, influenciar na qualidade das águas subterrâneas e gerar transtornos a comunidade circunvizinha, entre outros aspectos. A resolução estabelece critérios e fases de implantação dos cemitérios, são elas:

- Licença prévia – Art. 3º: Fase em que é apresentado um diagnóstico das

áreas de implantação com informações de localização, topografia, análises de cobertura vegetal, adequação à lei de zoneamento urbano, estudos de aquíferos subterrâneos e seu nível em relação à superfície, caracterização pedológica do solo e sua composição.

- Licença de instalação – Art. 4º: Nesta fase é requerido o projeto arquitetônico do empreendimento, memoriais, plantas do projeto além de projetos de medidas mitigadoras e de controle ambiental. No que diz respeito a implantação de cemitérios verticais, os padrões que devem ser seguidos para sua implantação estão previstos no artigo 5º da referida Resolução.

Diante da possível contaminação que os cemitérios podem causar ao meio ambiente, no artigo 5º, § 1º estabelece: Para os cemitérios horizontais, em áreas de manancial para abastecimento humano, devido às características especiais dessas áreas, deverão ser atendidas, além das exigências dos incisos de I a VI, onde destaca-se:

I - a área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade, de acordo com estudos apresentados e a critério do órgão licenciador;

II - o perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra;

III - o subsolo da área pretendida para o cemitério deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol freático.

No seu § 2º estabelece ainda: A critério do órgão ambiental competente, poderão ser solicitadas informações e documentos complementares em consonância com exigências legais específicas de caráter local.

Em virtude disso, é de extrema importância uma avaliação dos cemitérios, visando adequá-los à todas as normas técnicas, principalmente ao previsto na legislação do CONAMA nº335/2003, para que se possa minimizar os possíveis impactos que o necrochorume pode causar nas águas subterrâneas e superficiais, ao solo e aos poços de captação.

Os cemitérios e sepultamentos podem gerar impactos negativos na água, no solo, no ar, podendo ser vetores de patógenos, doenças e radioatividade. Por isso, faz-se necessário que os órgãos públicos levem mais a sério a concessão de alvarás para a instalação destes, como também o desenvolvimento de planos de reestruturação para adequação ambiental dos existentes. (COSTA; CUSTÓDIO, 2014, p 7)

A Lei de Crimes Ambientais (LCA) nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, estabelece que quem, de qualquer forma, concorre para a

prática dos crimes previstos nesta Lei, incide nas penas cominadas, na medida da sua culpabilidade, e estende tal responsabilidade ao diretor, o administrador, o membro de conselho e de órgão técnico, o auditor, o gerente, o preposto ou mandatário de pessoa jurídica, que, sabendo da conduta criminosa de outrem, deixar de impedir a sua prática, quando podia agir para evitá-la.

Ainda segundo a lei, as pessoas jurídicas serão responsabilizadas administrativa, civil e penalmente, conforme o disposto na LCA, nos casos em que a infração seja cometida por decisão de seu representante legal ou contratual, ou de seu órgão colegiado, no interesse ou benefício da sua entidade. Juntamente a isto é importante citar que as pessoas físicas, autoras, co-autoras ou partícipes do mesmo fato, não estão isentas de responsabilidade em casos de ocorrência do crime.

NECROCHORUME

É um líquido viscoso, composto por substâncias orgânicas, minerais e com elevada DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), de maior densidade que a água ($1,23 \text{ g/cm}^3$) e alto grau de patogenicidade, como diz Costa Silva e Malagutti Filho (2008). Esses autores, caracterizam o necrochorume como fonte de contaminação através de toxinas provenientes da decomposição orgânica de cadáveres, dentre elas as diaminas mais tóxicas, que são:

putrescina e a cadaverina. Pode conter também outros microorganismos causadores de doenças, como *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Shigella*, *salmonella typhi*, *Clostridium pefringes* e *Clostridium welchii*.

CARACTERIZAÇÃO DO NECROCHORUME

Composto por 60% de água, o necrochorume ainda apresenta 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas, como as bactérias e diaminas. A toxicidade química do necrochorume quando diluído em um lençol freático, tem como seu principal fator os teores fora do padrão de compostos pertencentes às cadeias do fósforo e nitrogênio, metais pesados e aminas, em destaque a putrescina ($C_4H_{12}N_2$) e cadaverina ($C_5H_{14}N_2$). Salienta-se que estas aminas são solúveis em água e em contato com o lençol freático formam uma pluma de contaminação, que pode chegar até 60 metros de distância, podendo serem degradadas, gerando amônio (NH_4^+). (PACHECO, 2000)

Tem densidade média de $1,23 \text{ g/cm}^3$, material mais denso que a água. Existe uma relação entre o peso de um corpo e o volume de chorume produzido, que é de $0,60 \text{ L/Kg}$ (CARNEIRO, 2009). Sendo assim, cada cadáver que passa pelo processo de decomposição, pode liberar aproximadamente de 30 a 40 litros de necrochorume (CAMPOS,

2007).

Entre as substâncias orgânicas produzidas pelo necrochorume, podemos citar a putrescina ($C_4H_{12}N_2$) (tabela 1), que é uma poliamina muito importante nos chamados processos fisiológicos, por se tratar de uma molécula precursora para outras duas poliaminas, a espermidina e a espermina, ambas importantíssimas no processo de proliferação celular (PEREIRA, 2016). A cadaverina ($C_5H_{14}N_2$) (Tabela 1), derivada da decomposição de tecidos biológicos, é uma amina biogênica produzida por meio da descarboxilação do aminoácido lisina intracelular, pela enzima lisina descarboxilase (HARA, 2016).

Tabela 1. Propriedades da cadaverina e putrescina.

Propriedades	Cadaverina ($C_5H_{14}N_2$)	Putrescina ($C_4H_{12}N_2$)
Massa Molecular	102,18	88,15
Densidade	$0,873 \text{ g/cm}^3$	$0,877 \text{ g/cm}^3$
Ponto de fusão	$26^\circ - 28^\circ\text{C}$	$27^\circ - 28^\circ\text{C}$
Ponto de ebulição	$178^\circ - 180^\circ\text{C}$	$158^\circ - 160^\circ\text{C}$
n_D^{20} índice de refração	1,4582	1,4569
Solubilidade em Água ($23^\circ - 28^\circ$)	Elevada	Elevada
Toxicidade	Elevada	Elevada
Coloração	Pardacenta	Pardacenta
Odor	Corrosivo	Corrosivo

Tabela 1. Fineza (2008).

CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME E SEUS PARÂMETROS INDICADORES

Segundo os estudos do hidrogeólogo Leziro Marques, o cadáver humano pode pôr em risco a saúde dos seres vivos.

Porque o necrochorume é vertido pela matéria orgânica em decomposição, ele é rico em nutrientes que proliferam uma assembleia de vírus e bactérias, inclusive as bactérias patogênicas, que são as causadoras da maior parte dos óbitos. Se esse necrochorume escapa do túmulo, entra na circulação do lençol freático. Se você tem no caminho desse lençol freático um poço escavado, uma captação, uma fonte, uma pessoa que inadvertidamente consuma essa água, e se ela tiver com imunidade natural baixa, ela pode ser acometida por uma dessas doenças infectocontagiosas (MARQUES, 2007, p.30).

Sendo assim, é de extrema importância que, antes do início de quaisquer atividades de construção dos cemitérios, seja feita uma análise geológica sazonal para identificar em que condições está o lençol freático na localidade em que será construído o cemitério. (REIS SOBRINHO, 2002).

CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Com relação mais direta aos parâmetros que norteiam a contaminação de águas subterrâneas por necrochorume, podemos citar: potencial hidrogeniônico – pH, condutividade elétrica – CE, cor, turbidez, cloretos, dureza total, sólidos dissolvidos totais – SDT, sulfato, ferro, amônia, nitrito, nitrato, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio – DBO, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes (CUNHA *et al.*, 2008).

Mediante uma possível contaminação, ou simplesmente por motivos de monitoramento, recomendam-se análises semestrais dando importância aos parâmetros: cor, turbidez, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, dureza, alguns íons como carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, nitritos, nitratos, cálcio, magnésio, sódio, potássio e ferro. Alguns desses parâmetros já estão previstos na portaria do Ministério da Saúde GM/MS nº 888/2021, que altera o anexo XX da portaria de consolidação nº 5 GM/MS, de setembro de 2017, e também, na Organização Mundial da Saúde (OMS) (Tabela 2), quando relacionados a potabilidade da água (ESPÍNDULA, 2004).

Outros indicadores de origem biológica devem ser levados em consideração como fonte de contaminação, como os *Streptococos*, *Salmonella*, coliformes totais (*Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*), *Escherichia Coli*, clostrídios sulfito-redutores, como *Clostridium perfringens*, além de *Pseudomonas aeruginosa* e bactérias proteolíticas, dentre estas *Clostridium spp*, *Streptococcus* e enterobactérias são colonizadores de cadáveres humanos. (ESPÍNDULA, 2004). No que tange a portaria 888/21 a presença destes microorganismos podem ser indicadores de contaminação, se observados valores distintos dos estabelecidos nesta normativa, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos referentes a qualidade da água para consumo humano.

Parâmetros	Valores máximos permitidos	
	OMS	Portaria nº 888/21
Cor	15 Pt/l	15 uH
Turbidez	5 ut	5 ut
pH	6,5 – 8,5	6,0 – 9,0
Dureza	500 mg/L	300 mg/L
Cloreto	250 mg/L	250 mg/L
Amônia	-	1,2 mg/L
Nitrito	-	1 mg/L
Nitrato	10 mg/L	10 mg/L
Sulfato	400 mg/L	250 mg/L
Sólidos dissolvidos totais	1000 mg/L	500 mg/L
Sódio	200 mg/L	200 mg/L
Ferro	0,3 mg/L	0,3 mg/L
Cromo	0,05 mg/L	0,05 mg/L
Manganês	0,10 mg/L	0,10 mg/L
Alumínio	0,20 mg/L	0,20 mg/L
Cádmio	0,005 mg/L	0,003 mg/L
Chumbo	0,05 mg/L	0,01 mg/L
Zinco	5 mg/L	5 mg/L

Fonte: Espíndula (2004); Ministério da Saúde (2021).

Tabela 3. Parâmetros biológicos de monitoramento da água.

Parâmetros	Valores máximos permitidos
	Portaria nº 888/21
E. coli, Coliformes (fecais) termotolerantes	Ausência em 100 ml
Coliformes Totais	Ausência em 100 ml

Fonte: Ministério da Saúde (2021).

O necrochorume é solúvel quando entra em contato com a água do aquífero, apresenta uma certa viscosidade e densidade, podendo formar manchas poluidoras migrantes (plumas), conforme Figura 1, que irão se disseminar pelo subsolo saturado, como uma nuvem de velocidade variável, podendo atingir distâncias quilométricas a partir de sua fonte de

poluição (FINEZA, 2008).

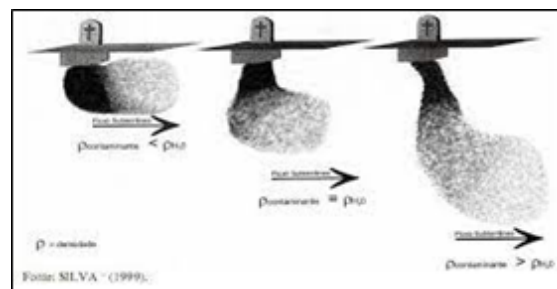


Figura 1. Pluma de contaminação.
Fonte: Campos (2007)

O que pode acentuar este problema são os índices pluviométricos que podem intensificar esta contaminação, em Belém do Pará onde a média pluviométrica anual é de 3.001 mm de chuva, com uma variação de 300 a 450 mm durante meses do período chuvoso. (SODRÉ *et al.*, 2013)

CONTAMINAÇÃO DO SOLO

Esta contaminação ocorre quando há a implantação de um cemitério em uma localidade que apresenta condições ambientais adversas e eventualmente ocasiona diversas problemáticas (SILVA; MALAGUTTI, 2009).

Segundo a Embrapa (2021), o solo pode ser entendido como uma camada superficial podendo ser constituída de partículas minerais e orgânicas, distribuídas em horizontes de profundidade variável, podendo sofrer influência da ação da chuva, do vento, do calor, do frio e de organismos (fungos, bactérias, minhocas, formigas e cupins), alguns destes conhecidos como agentes intempéricos.

Segundo Campos (2007), as

camadas do solo estão subdivididas em:

- Zona não saturada: Também conhecida como zona de aeração ou vadosa, e camada do solo entre o perfil do solo e a zona saturada, de condição aeróbia e usualmente alcalina, nesta zona, pequenas quantidades de água distribuem-se uniformemente, sendo que as suas moléculas se aderem às superfícies dos grãos do solo.
- Zona saturada: É a região abaixo da zona não saturada onde os poros ou fraturas da rocha estão totalmente preenchidos por água excedente da camada anterior, as águas atingem esta zona por gravidade, através dos, anteriormente citados, poros ou fraturas até alcançar uma profundidade limite, onde as rochas estão tão saturadas que a água não pode penetrar mais e eventualmente forma os mananciais subterrâneos propriamente ditos.

A contaminação do solo por meio do necrochorume atinge a zona não saturada, mas depende da estrutura hidrogeológica do local (ALCÂNTARA *et al.*, 2010).

Para uma decomposição segura e total dos corpos sepultados, devem ser evitados os solos muito permeáveis, como areia, cascalho e as misturas, os solos constituídos por materiais de granulação muito fina (areia finíssima, siltes e argilas) e os terrenos formados pelo intemperismo de rochas cársticas,

calcossilicatadas ou muito fina (CETESB, 1999).

O tipo de solo interfere de forma direta no processo de contaminação do solo. O solo arenoso é formado de grãos maiores, ou seja, possui área superficial menor, o que implica na ausência da capacidade de reter o contaminante na camada. Em contrapartida, o solo mais argiloso possui grãos bem menores, o que aumenta sua área superficial, permitindo que as moléculas do contaminante fiquem retidas no solo, não propiciando assim a poluição do mesmo (CARNEIRO, 2009).

CONTAMINAÇÃO POR GASES

Os gases liberados pela decomposição dos corpos, em alguns casos, também são tóxicos. Os principais gases conhecidos são o gás sulfídrico (H_2S) que é extremamente tóxico e inflamável, causa danos à saúde, podendo até mesmo ser fatal; o metano (CH_4) altamente inflamável; o dióxido de carbono (CO_2) sendo um gás inodoro, incolor, sufocante; a amônia (NH_3) tóxico e dissolve facilmente em água, a fosfina (PH_3) que assim como o metano é extremamente inflamável e podendo apresentar um cheiro desagradável; Hidrogênio (H_2) incolor, inodoro, sem sabor e não tóxico (PACHECO, 2000).

Além destes, outros gases também são emitidos, como os óxidos metálicos como titânio, cromo, cádmio, chumbo, ferro, manganês, mercúrio e níquel entre outros, lixiviados dos ornamentos das urnas, juntamente

de formaldeído e metanol utilizados no processo de embalsamento (KEMERICH *et al.*, 2012).

Segundo Carneiro (2009), 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.

Em vista desses problemas que podem ser causados ao ar atmosférico, alguns cemitérios adotaram sistemas de captação dos gases gerados durante a decomposição, denominado de Processo de Decomposição Assistido por Calor e Pressão Negativa, que é uma alternativa inovadora em não liberar os gases do necrochorume, pois é de forma imediata vaporizado, transformando-se em gases que são tratados no sistema inativador de gases, que libera na atmosfera gases considerados respiráveis, sem praticamente qualquer dano a natureza, contendo aprovação da CETESB e CONAMA (KEMERICH *et al.*, 2012).

MEDIDAS MITIGADORAS

Mediante a complexidade dos impactos causados ao meio ambiente pelo necrochorume, acabou resultando na necessidade de formas de tratamento para esta substância a fim de torná-la menos poluente (FELICIONI; ANDRADE; BORTOLOZZO, 2007).

Se for constatado passivo ambiental nos cemitérios já implantados, os estudos técnicos EIA/RIMA deverão conter ações que mitiguem os impactos

gerados pelo empreendimento. (ROMANÓ, 2003).

De acordo com CASAGRANDE (2018), existem uma série de métodos para o tratamento de necrochorume e dentre eles estão: Filtros Biológicos, Pastilhas e Mantas absorventes.

FILTROS BIOLÓGICOS

Para o tratamento por filtros biológicos, deve-se primeiramente colocar no solo, abaixo dos túmulos, um revestimento chamado Malha impermeabilizante, que servirá de proteção para as águas subterrâneas, evitando a contaminação pelo necrochorume. Posteriormente, deverá ocorrer a instalação de drenos subdivididos em quadras nos cemitérios, esse sistema de drenagem profunda levará o necrochorume para os filtros biológicos, neste processo o ar atmosférico entra em contato com o necrochorume, ocasionando a degradação em meio poroso. utilizando-se como meio filtrante materiais grosseiros, como pedras, britas, cascalhos e concreto. Após esse tratamento o líquido toma uma aparência mais clara, pois esse filtro retirou a maioria dos componentes que dão cor ao necrochorume (CASAGRANDE, 2018).

Este método é utilizado com mais frequência em cemitérios do tipo parque, entretanto a eficiência deste processo vai depender da distância dos jazidos e o filtro, já que quanto maior a distância entre os dois, maior será o tempo para o necrochorume

alcançar a manta e ser eventualmente transportado até o filtro, e por este motivo, é importante complementá-lo com outros meios para garantir o eficiente tratamento no necrochorume (FRANCISCO; SILVA; SOUZA, 2017).

PASTILHAS

Outra forma de tratamento do necrochorume é por meio das pastilhas microbiológicas, que são compostas por bactérias selecionadas e sintetizadas em esporas e agrupadas em formato de pastilhas, estas têm função de serem consumidoras de matéria orgânica. As pastilhas são inseridas na urna funerária junto ao corpo, próximo e na base da coluna, quando o processo de decomposição tem início as bactérias são ativadas e consomem os compostos orgânicos de difícil metabolização, como gorduras, óleos, graxas e lipídeos, degradando essas substâncias a sais minerais, dióxido de carbono e água (JALOWITZKI, 2011).

MANTAS ABSORVENTES

A manta absorvente consiste em um plástico filme branco leitoso, resistente e impermeável, posicionado no fundo da urna, contém uma camada de celulose em pó que quando entra em contato com o necrochorume (a medida que o corpo vai liberando o líquido), transforma-se em um gel que irá reter o líquido e impedir que o mesmo se extravase. A Manta permanecerá em contato com o corpo até o fim do processo de decomposição, evitando

assim quaisquer riscos de poluição ao meio ambiente, e no fim, durante o ato da exumação, basta puxar o fio de náilon presente nas bordas da manta, transformando-a numa bolsa de ossos, facilitando o processo de coleta dos restos do falecido e evitando contato desnecessário com outras substâncias presentes na urna (FRANCISCO; SILVA; SOUZA, 2017).

METODOLOGIA

A pesquisa tem caráter qualitativo, utilizando a pesquisa bibliográfica e a coleta de dados primários e secundários, tendo como um de seus objetos de estudo o cemitério de Santa Izabel, no bairro do Guamá.

ÁREA DE ESTUDO - CEMITÉRIO DE SANTA IZABEL/BELÉM, HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO

No que diz respeito a história do bairro do Guamá e seu cemitério mais conhecido, há relatos e históricos demonstrando a relação entre a fase de formação e estruturação do bairro e o surgimento do espaço, pois em função da sua implantação, o Guamá foi conhecido durante muito tempo como a necrópole de Belém (DIAS JR, 2009) (BOTELHO, 2018).

O Cemitério de Santa Isabel, tem uma área aproximada de 146.116 m², fica situado no Bairro do Guamá, na cidade de Belém, Estado do Pará. Encontra-se na Latitude: 1°27'35.75"S, Longitude: 48°28'2.17"O, tendo como

áreas de influência direta do passivo as ruas do entorno, que são: Av. José Bonifácio, rua dos Mundurucus, rua Paes de Souza e Tv. Barão de Mamoré. A área está inserida no limite entre as bacias hidrográficas (interflúvios) da Estrada Nova e Tucunduba.

Por se tratar de um empreendimento antigo, suas características construtivas originais podem não estar adequadas aos elementos previstos atualmente nas legislações vigentes, CONAMA 335/2003, o que pode gerar impactos no solo pela contaminação por necrochorume, refletindo na qualidade da água subterrânea para consumo humano, como foi evidenciado em pesquisas realizadas por Pereira (2016).

A existência de cemitérios é algo indispensável a toda cidade, porém, é necessário se ter atenção aos passivos ambientais que tal estrutura pode trazer ao ambiente urbano e seus arredores, pois a falha em sua localização e em seus estudos de impacto podem ser causadoras de sérios problemas sociais e ambientais.

A contaminação por necrochorume pode causar sérios problemas sanitários e ambientais. Sendo assim, até mesmo os cemitérios que foram implantados com todas as medidas de proteção ambiental, não podem ser considerados como locais perfeitamente individualizados do meio ambiente. Em todos os casos, deve ser considerada a possibilidade de efluentes líquidos serem lançados para fora do cemitério, havendo a necessidade do monitoramento constante destas obras. (LELI et al., 2012, p. 47)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi realizado um levantamento sobre o sepultamento no Cemitério de Santa Izabel no período de janeiro de 2019 a maio de 2021. Para evidenciarmos esta situação, a Tabela 4 demonstra o aumento dos sepultamentos provocados pela pandemia no cemitério de Santa Izabel no período supracitado.

Tabela 4. Aumento dos sepultamentos no cemitério de sta. Izabel ocasionados pela COVID 19.

Mês	Ano		
	2019	2020	2021
Jan	102	98	164
Fev	92	96	143
Mar	112	77	350
Abr	96	267	256
Mai	76	384	150
Jun	110	124	-
Jul	92	121	-
Ago	102	116	-
Set	99	120	-
Out	98	114	-
Nov	101	123	-
Dez	94	134	-
Total	1.174	1.774	1063

Fonte: SEURB/Belém (2021).

O quantitativo total de sepultamentos no cemitério de Santa Izabel no ano de 2019 foi de 1.174, sendo os meses de março e junho os de maiores sepultamentos. Porém, quando comparamos com o ano de 2020, é possível analisarmos já no contexto pandêmico, uma significativa elevação na taxa de sepultamento, tendo os meses de abril e maio como os de maior quantitativo de sepultamentos, fato este que coincide com a primeira onda dos casos da COVID-19. A taxa de sepultamento em abril foi de 178,12% e em maio de 405,26% maior, se comparado ao mesmo período no

ano de 2019.

Os dados disponibilizados para 2021 mostram que nos meses de janeiro e maio as taxas de sepultamento estão elevadas, se comparadas ao mesmo período do ano de 2020, com um aumento de 67,34% e 354,54% respectivamente, período que coincide com a segunda onda da COVID-19.

Se levado em consideração apenas o período de janeiro de 2019 a maio de 2021, verificamos que foram sepultados um total de 4.011 corpos, apenas no cemitério de Santa Izabel, se admitirmos um peso médio de 65 kg para cada indivíduo sepultado, podemos montar um prognóstico do volume de necrochorume produzido (observando os estudos de Carneiro, 2009 e Campos, 2007). Quando realizamos os cálculos, consideramos que o quantitativo médio produzido por cada kg de massa corporal é 0,6 L/kg, considerando que um corpo tem em média 65 kg, encontramos um valor de 39 L de necrochorume por indivíduo sepultado. Para os 4.011 corpos sepultados apenas no cemitério de Santa Izabel, encontramos o volume total produzido de necrochorume de aproximadamente 156.429 L.

CONCLUSÃO

Esta pesquisa contém um acervo de informações referentes a cemitérios no geral, legislação de implantação e medidas mitigadoras, conhecimentos acerca do potencial contaminante do necrochorume, com o intuito de disponibilizar este conhecimento, tanto

a população, quanto a empreendimento acerca do potencial risco da atividade cemiterial, no que se refere principalmente as águas subterrâneas e ao solo.

Com a expansão de conhecimentos referentes a atividade cemiterial, cada vez mais ocorre a busca por alternativas para solução ou amenização das problemáticas provenientes desta atividade, diante do que foi apresentado neste trabalho, podemos concluir que a melhor alternativa é se optar pela cremação, processo explicado anteriormente, pois por meio deste consegue destruir os micróbios presentes no processo de decomposição do corpo de forma eficaz.

Como segunda alternativa, podemos concluir que é benéfico a adoção dos cemitérios verticais, devido à ausência de contato do corpo com solo gerando o isolamento das substâncias nocivas nas gavetas (lóculos), além disso o mesmo cresce verticalmente diferente dos cemitérios tradicionais e jardim que crescem horizontalmente ocupando um espaço consideravelmente maior e com o crescimento populacional desenfreado e a situação da Covid-19 esse tipo de empreendimento ganha ainda mais valor ambiental, social e econômico.

Também salientamos a importância de análises químicas em períodos de tempos adequadamente estabelecidos junto aos órgãos ambientais responsáveis e o significado de alterações causadas nestes parâmetros como indicado na Tabela

5, a fim de garantir que a situação ambiental das necrópoles esteja dentro dos padrões das legislações vigentes, não só nos parâmetros de instalação, manutenção e operação do empreendimento, mas também de seus possíveis passivos ambientais, em especial o necrochorume.

Tabela 5. Parâmetros biológicos de monitoramento da água.

Parâmetros	Justificativa
pH	Possível contaminação por necrochorume altera o potencial hidrogeniônico. (Silva <i>et al.</i> , 2008)
Cor	Indica partículas coloidais dissolvidas no manancial.
Turbidez	Indica sólidos dissolvidos em suspensão.
Nitrogênio total e amoniacal	Processos de decomposição tem como subprodutos compostos nitrogenados.
Condutividade Elétrica	Possível contaminação pode ser indicada através da alteração da condutividade elétrica devido a presença de sais presentes no necrochorume. (Silva <i>et al.</i> , 2008)
DBO	Verifica a carga orgânica presente no manancial, podendo ser um indicador de contaminação.
<i>Escherichia coli</i>	Presença de microorganismos provenientes do processo de decomposição de cadáveres no entorno e na área do cemitério.
<i>Clostridium perfringens</i>	

Fonte: Silva *et al.* (2008).

Os efeitos da atividade cemiterial ainda não são bem conhecidos pela população, e em tempos de pandemia, mediante a ineficiente gestão no Brasil, esta preocupação se torna ainda maior com relação aos cemitérios, em virtude

do grande número de mortes por Covid-19.

Diante de todas as informações levantadas nesse trabalho, sugerimos que novas pesquisas sejam realizadas para que possamos ter um diagnóstico real da situação dos nossos cemitérios urbanos, em função dessa pandemia da COVID-19 que vivemos desde 2020.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, L. A.; SANTOS, S. A. dos; KEMERICH, P. D. da C.; SILVA, R. F.; Contaminação de recursos naturais por necrópoles. Revista *Disciplinarium Scientia*, Vol.11, p.17-28, 2010.

BRASIL. Constituição Federal (1988). TÍTULO VIII, CAPÍTULO II, SESSÃO II - DA SAÚDE. art. 196. disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm acessado em 27/05/2022.

_____. Resolução CONAMA nº 335, de 3 de março de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Diário Oficial da União, Brasília, 28 mar, 2003.

_____. Resoluções CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental.

_____. Resolução CONAMA nº 237 de 19 de dezembro de 1997.

Procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental.

BOTELHO, A. R. C.; Santa Izabel e Soledade: O eterno e o mutável nas alterações dos espaços cemiteriais na Belém do Século XIX, através de uma análise cartográfica da morte. Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará. Belém, 2018.

CAMPOS, A. P. S.; Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2007.

CARNEIRO, V. S.; Impactos causados por necrochorume de cemitérios: meio ambiente e saúde pública. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2009.

CASAGRANDE, E.; O que é Necrochorume e quais são os seus impactos ao meio ambiente? 2018.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Implantação de Cemitérios: Norma Técnica L1.040. São Paulo. CETESB, 1999.

COSTA, B. S.; CUSTÓDIO M. M.; A

cultura da morte no Brasil: os impactos ambientais causados pelo cemitério ao meio ambiente e aos seres humanos. XXIII Congresso Nacional do Conpedi, Florianópolis. 2014.

CUNHA, F. J. S.; CHAVES, J. R.; ALVES, L. A.; NOGUEIRA, M. R. C.; LIMA, A. F.; MOREIRA, L. C. F.; GONÇALVES, E. O.; OLIVEIRA, M. A.; CHAVES, H. R. G. Avaliação da qualidade da água do aquífero livre na região do cemitério Bom Jesus dos Aflitos, Russas-CE, Brasil. In: congresso brasileiro de águas subterrâneas, XIII., 2008, São Paulo. Anais. São Paulo: ABAS, 2008.

DIAS JR, J. E. S.; Cultura popular no Guamá: um estudo sobre o Boi Bumbá e outras práticas culturais em um bairro da periferia de Belém. Belém: Universidade Federal do Pará, 2009.

ESPÍNDULA, J. C. Caracterização bacteriológica e físico-química das águas do aquífero freático do Cemitério da Várzea - Recife. 2004. 92f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

FRANCISCO, A. M.; SILVA, A. K. G.; SOUZA, C. S.; SANTOS, F. C. S.; Tratamento do Necrochorume em Cemitérios. Atas de Saúde Ambiental Faculdade Metropolitanas Unidas (FMU). São Paulo. 2017, 17 p.

FELICIONI, F.; ANDRADE, F.;

BORTOLOZZO, N.; A ameaça dos mortos: cemitérios põem em risco a qualidade das águas subterrâneas. 1ª ed. Editora Maxprint, 2007.

FINEZA, A. G.; Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: estudo de caso de tabuleiro-MG. 2008.

HARA, R. V. Avaliação dos efeitos citogenotóxicos da diamina cadaverina, presente no necrochorume, por meio de ensaios com sistemas testes in vitro e in vivo. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Rio Claro - SP, p. 37. 2016.

JALOWITZKI, M.; O que diz a legislação sobre o tratamento de cadáveres. 2011.

KEMERICH, P. D. C; BORBA, W. F.; SILVA, R. F.; BARROS, G.; GERHARDT, A. E.; FLORES, C. E. B. Valores anômalos de metais pesados em solo de cemitério. Revista Ambiente & Água, Taubaté, Vol.7, p. 140-156, 2012

KEMERICH, P. D. C; BIANCHINI, D. C; FANK, J. C; BORBA, W. F; WEBER, D.P; UCKER, F. E. A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil. Revista Monografias Ambientais v. 13, n. 5, p. 3777-3785, 2014.

LELI, I. T; ZARAROLI, F. C. M; SANTOS, V. C; OLIVEIRA, M; REIS, F. A. G. V. Estudos ambientais para cemitérios: Indicadores, áreas de influência e

impactos ambientais. Boletim de Geografia 30.1 (2012).

PACHECO, A. Cemitério e Meio Ambiente [tema de livre docência]. São Paulo Instituto de Geociências da USP; 2000.

PEREIRA, B. N. P. Tratamento das águas subterrâneas do entorno do cemitério santa Izabel, Belém-Pa. (2016).

RANGONI, C. S. Cemitério Municipal de São Francisco: visão crítica sobre as condições das necrópoles de Salvador. Candombá, v. 10, n. 1, Jan-Dez 2014.

REIS SOBRINHO, B. M.; Cemitério e meio ambiente. 2002. Monografia (Especialização) - Universidade Católica de Salvador, Salvador, 2002.

ROMANÓ, E. N. D. L. Caracterização do meio físico no cemitério municipal do boqueirão e no cemitério municipal de Santa Cândida no município de Curitiba - PR. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 124. 2003.

Secretaria Municipal de Urbanismo de Belém/SEURB. 2021.

SILVA, F. C; SUGUIO, K; PACHECO, A. Avaliação Ambiental Preliminar do Cemitério de Itaquera, segundo a Resolução do CONAMA 335/2003, Município de São Paulo. Revista UnG

– Geociências V.7, N.1, 2008.

SILVA, R. W. C.; MALAGUTTI FILHO, W. Cemitérios: fontes potenciais de contaminação. *Ciência Hoje*, v. 44, n. 263, p. 24-29, set. 2009.

SILVA, L. M.; Cemitérios: fonte potencial de contaminação do lençol freático. São Paulo: Universidade São Judas Tadeu/ Faculdade de Tecnologia e Ciências Exatas, 2008.

SODRÉ, G. R. C.; RODRIGUES, L. L. M. Comparação entre estimativa da precipitação observada pela técnica CMORPH e estações meteorológicas do INMET em diferentes regiões do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 6, n. 02, p. 301-307, 2013.

SOUZA, C. M. N; COSTA, A. M; MORAES, L. R. S; FREITAS, C. M. Saneamento: promoção da saúde, qualidade de vida e sustentabilidade ambiental. SciELO-Editora FIOCRUZ, 2015.