

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**NATACHA SOUZA EVALDT**

**INVESTIGAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME EM UMA ÁREA  
RURAL DO MUNICÍPIO DE TRÊS CACHOEIRAS- RS.**

**CAÇAPAVA DO SUL  
2023**

**NATACHA SOUZA EVALDT**

**INVESTIGAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME EM UMA ÁREA  
RURAL DO MUNICÍPIO DE TRÊS CACHOEIRAS- RS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: José Waldomiro Jiménez Rojas.

Coorientador: Jéssica Weiler.

**CAÇAPAVA DO SUL  
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

N271i	Evaldt, Natacha Souza
do	Investigação de contaminação por necrochorume em uma área rural município de Três Cachoeiras-rs. / Natacha Souza Evaldt. 73 p.
	Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 2023. “Orientação: José Waldomiro Jiménez Rojas”.
	1. Cemitério. 2. Contaminação do solo. 3. Transporte de poluentes. I. Título.

**NATACHA SOUZA EVALDT**

**INVESTIGAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME EM UMA ÁREA RURAL DO MUNICÍPIO DE TRÊS CACHOEIRAS- RS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 01 de Fevereiro de 2022.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. José Waldomiro Jiménez Rojas  
Orientador  
UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Rafael Matias Feltrin  
UNIPAMPA

---

Profa. Dra. Zilda Baratto Vendrame  
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **ZILDA BARATTO VENDRAME, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/02/2023, às 16:23, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **RAFAEL MATIAS FELTRIN, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/02/2023, às 16:45, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **JOSE WALDOMIRO JIMENEZ ROJAS, Diretor(a) Campus Caçapava do Sul**, em 09/02/2023, às 19:16, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1052873** e o código CRC **7D6876FF**.

Dedico este trabalho ao senhor Antônio Carlos Pinto de Souza, meu querido avô, que olha a todos nós lá de cima.

## AGRADECIMENTO

Primeiramente, gostaria de agradecer meus pais, Alexandra e Marcos, pela oportunidade de me proporcionar as condições e todo apoio para conseguir vencer essa etapa da vida, além de todo carinho e amor por nós três. Cada conquista adquirida nesses anos, é parte do incentivo que recebi ao longo da minha trajetória. Aos meus irmãos Naytiara e Natan, por estarem presentes na minha vida a todo tempo, me incentivando, vocês são meus companheiros de vida. Às minhas avós, Sara e Benta, mulheres batalhadoras em suas realidades, que nunca deixaram de acreditar no meu potencial. Aos meus tios, Cleuza e Álvaro, e aos meus padrinhos, Reciel e Marcezane, vocês são os pais/mãe que o coração e a vida escolheram, obrigada por me incentivarem a ser sempre melhor. Ao meu amor, Mateus, que escolheu viver o fim dessa jornada acadêmica, e o começo da vida profissional ao meu lado, sempre ressaltando o meu melhor, te amo. Muito obrigada aos meus sogros pela preocupação comigo e todo carinho que sempre tiveram.

Muito obrigada ao Matheus, meu companheiro desde 2017, que, além de amigo, virou um irmão, vou levá-lo para a vida toda, e meus demais companheiros de casa, Camila e Felipe.

As minhas amigas Giulia, Bianca e Mayra, que foram meu maior presente da graduação, independente da distância, sempre estiveram comigo. Aos meus amigos Igor, Thainã, Adriely, Ana Paula, Piero, Pamela, Julia, Ingrid, e Christian, vamos trilhar uma vida de muitas vitórias, eu vou torcer por todos vocês!

A UNIPAMPA, o meu agradecimento, pela oportunidade a mim fornecida de cursar engenharia com qualidade e pelo conhecimento demonstrado pelos professores que se fizeram presentes ao longo dessa trajetória.

Agradeço ao Prof. Dr. José Rojas e Profa. Dra. Jéssica Weiller, pela orientação, parceria, paciência e ajuda durante o TCC e em toda a graduação, sem vocês essa conquista não seria possível.

Agradeço a todos aqueles que, embora não nomeados, me apoiaram em diferentes momentos, e por suas presenças inesquecíveis, o meu reconhecimento e carinho, muito obrigada!

## RESUMO

A problemática que envolve os cemitérios se dá por sua potencial fonte de contaminação, visto que desde a antiguidade a prática de destinar corpos em solo é utilizada, e ocorre, até hoje, muitas vezes, de forma inadequada, tanto pelo meio escolhido, como a técnica utilizada. A contaminação por necrochorume (líquido viscoso de cor cinzenta-acastanhada e com odor acre e fétido) que sai dos túmulos carrega diversos componentes orgânicos e inorgânicos, além de organismos patogênicos. O necrochorume ocorre pela percolação do líquido no solo, podendo ficar retido no mesmo se for mais argiloso ou infiltrar nas camadas mais profundas do terreno, podendo chegar ao nível freático e gerar plumas de contaminação em aquíferos, assim contaminando a água, se for mais arenoso. O presente trabalho teve o objetivo de investigar se há contaminação no solo por necrochorume em um cemitério rural no município de Três Cachoeiras. Com os resultados obtidos pelas análises químicas e físicas realizadas, foi possível determinar que há contaminação do cemitério pelos elementos Cádmio, Cromo e molibdênio, de acordo com as concentrações de prevenção exigidas pela legislação (CONAMA 420/2009). Não houve valores que caracterizem contaminação do elemento Cobre. Os elementos Alumínio e Ferro se encontram em grandes quantidades no solo por conta da formação geológica da região. O tipo de sepultura influenciou o potencial de poluição do solo por metais pesados. Não foi possível analisar os dois principais compostos presentes no necrochorume que são a cadaverina e a putrescina.

Palavras chave: cemitério, contaminação do solo, transporte de poluentes.

## ABSTRACT

The problem involving cemeteries is due to their potential source of contamination, since since antiquity the practice of disposing of bodies in soil has been used, and still occurs today, often inappropriately, both by the means chosen and the technique. used. Contamination by necrochorume (a viscous gray-brown liquid with an acrid and fetid odor) that comes out of the tombs carries various organic and inorganic components, in addition to pathogenic organisms. Necroleach occurs through the percolation of liquid into the soil, which can be retained in the soil if it is more clayey, or infiltrate into the deeper layers of the soil, reaching the water table and generating plumes of contamination in aquifers, thus contaminating the water, if it is more sandy. This study aimed to investigate whether there is soil contamination by necrochorume in a rural cemetery in the municipality of Três Cachoeiras. With the results obtained from the chemical and physical analyzes carried out, it was possible to determine that there is contamination of the cemetery by the elements Cadmium, Chromium and Molybdenum in accordance with the concentrations of prevention required by law (CONAMA 420/2009). There were no values that characterize contamination of the copper element. The elements Aluminum and Iron are found in large quantities in the soil due to the geological formation of the region. The type of burial influenced the potential for soil pollution by heavy metals. It was not possible to analyze the two main compounds present in necrochorume, which are skull and putrescine.

Keywords: cemetery, soil contamination, transport of pollutants.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Memorial Necrópole Ecumênica em Santos, São Paulo.....	20
Figura 2: Cemitério tradicional, Santa casa no Rio de Janeiro.....	21
Figura 3: Cemitério Jardim da Paz.....	23
Figura 4: Fluxograma dos componentes no necrochorume.....	26
Figura 5: Fluxo da pluma de contaminação do necrochorume com relação a densidade do efluente e a água.....	30
Figura 6: Modelo de risco à contaminação da água subterrânea.....	31
Figura 7: Distribuição da água no solo.....	34
Figura 8: Modelo de níveis de vulnerabilidade do meio físico de subsuperfície em cemitérios.....	35
Figura 9: Mapa de localização da área de estudo.....	38
Figura 10: Mapa geológico da área de estudo.....	40
Figura 11: Mapa de solos da região de Três Cachoeiras-rs.....	41
Figura 12: Gráfico da precipitação anual de Torres em 2022.....	42
Figura 13: Gráfico da temperatura média anual de Torres em 2022.....	42
Figura 14: Ilustração atual da estrutura tumular do cemitério municipal.....	43
Figura 15: Visão geral dos túmulos em contato com o solo.....	44
Figura 16: Mapa de hipsometria da área do cemitério.....	45
Figura 17: Mapa de declividade da área do cemitério.....	45
Figura 18: Pontos de coleta das amostras.....	47
Figura 19: Coleta dos pontos A e B.....	48
Figura 20: amostras na estufa do laboratório de solos da UNIPAMPA.....	49
Figura 21: Medida de pH de amostra .....	51
Figura 22: Pesagem das amostras na balança analítica.....	52
Figura 23: Gráfico de granulometria das amostras.....	53
Figura 24: Triângulo Textural das amostras de solo.....	55
Figura 25: Gráfico de concentração do alumínio dos pontos coletados.....	58
Figura 26: Gráfico de concentração do cádmio dos pontos coletados.....	59
Figura 27: Mapa de pontos das concentrações de cádmio no cemitério.....	60
Figura 28: Gráfico de concentração do cobre dos pontos coletados.....	62
Figura 29: Gráfico de concentração do cromo dos pontos coletados.....	63

Figura 30: Mapa de pontos das concentrações de cromo no cemitério.....	64
Figura 31: Gráfico de concentração do ferro dos pontos coletados.....	65
Figura 32: Gráfico de concentração do molibdênio dos pontos coletados.....	66
Figura 33: Mapa de pontos das concentrações de molibdênio no cemitério.....	67

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: propriedades da putrescina e cadaverina.....27  
Tabela 2: Medidas de pH obtidas.....56  
Tabela 3: Valores de referência para solos.....57

## LISTA DE ABREVIATURAS

EMBRAPA - Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR - Norma Brasileira

TFSA - Terra Fina Seca ao Ar

FRX - Fluorescência de raios X

SiBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil

FSG - Formação Serra Geral

pH - potencial hidrogeniônico

UNIPAMPA - Universidade Federal do Pampa

WGS84 - World Geodetic System 1984

UTM - Universal Transversa de Mercator

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

RS - Rio Grande do Sul

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>1.1 OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
1.1.1 OBJETIVO GERAL	16
1.2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO	16
<b>1.3 JUSTIFICATIVA</b>	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>18</b>
2.1 HISTÓRICO DOS CEMITÉRIOS	18
2.2 SEPULTAMENTOS	19
2.2.1 INUMAÇÃO	19
2.2.2 TUMULAÇÃO	19
2.3 TIPOS DE CEMITÉRIOS	19
2.3.1 CEMITÉRIO VERTICAL	19
2.3.2 CEMITÉRIO HORIZONTAL/ TRADICIONAIS	21
2.3.3 CEMITÉRIO PARQUE/JARDIM	22
2.3.4 CREMATÓRIOS	23
2.4 PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO DOS CORPOS	23
2.4.1 PROCESSO COLIQUATIVO	24
2.5 MUMIFICAÇÃO	24
2.6 SAPONIFICAÇÃO	25
2.7 NECROCHORUME	25
2.8 IMPACTOS CAUSADOS	27
2.8.1 CONTAMINAÇÃO DO AR	27
2.8.2 CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA	28
2.8.2.1 CONTAMINAÇÃO SUPERFICIAL	28
2.8.2.2 CONTAMINAÇÃO SUBTERRÂNEA	29
2.8.3 CONTAMINAÇÃO DO SOLO	32
2.9 PARÂMETROS DE INTERESSE E LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	36
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>37</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
3.1.1 ÁREA DE ESTUDO	37
3.1.2 CONTEXTO GEOLÓGICO DA REGIÃO	38
3.1.3 PEDOLOGIA	39
3.1.4 CLIMA	40
3.1.5 CARACTERÍSTICAS DO CEMITÉRIO	42
3.2 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE AMOSTRAS	43
3.2.1 PLANO DE AMOSTRAGEM	43
3.2.2 AMOSTRAGEM	45
3.3 ANÁLISES PARA INVESTIGAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁREA	47

	13
<b>3.3.1 ANÁLISES FÍSICAS</b>	<b>47</b>
<b>3.3.1.1 GRANULOMETRIA</b>	<b>47</b>
<b>3.3.1.2 CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL</b>	<b>48</b>
<b>3.3.2 ANÁLISES QUÍMICAS</b>	<b>49</b>
<b>3.3.2.1 PH</b>	<b>49</b>
<b>3.3.2.2 FRX- QUANTIFICAÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS NO SOLO</b>	<b>50</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>52</b>
<b>4.1 RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E TEXTURAL</b>	<b>52</b>
<b>4.2 RESULTADOS PH</b>	<b>54</b>
<b>4.3 RESULTADOS NA ANÁLISE DE FRX</b>	<b>55</b>
<b>4.3.1 ALUMÍNIO</b>	<b>56</b>
<b>4.3.2 CÁDMIO</b>	<b>58</b>
<b>4.3.3 COBRE</b>	<b>60</b>
<b>4.3.4 CROMO</b>	<b>61</b>
<b>4.3.5 FERRO</b>	<b>63</b>
<b>4.3.6 MOLIBDÊNIO</b>	<b>65</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>67</b>
<b>6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Cemitério vem do grego koimeterion, “dormitório” ou do latim coemeterium, e se refere ao local onde são enterrados e guardados os mortos. O termo cemitério começou a ser empregado a partir da Idade Média, quando os mortos começaram a ser sepultados no interior das igrejas e áreas adjacentes, e a partir do século XVIII foi estabelecido o enterro dos corpos em cemitérios (CARNEIRO, 2008; SILVA E SIGIU, 2008).

A sociedade ocidental vê a morte como um evento marcante, o significado de perder um ente querido varia de acordo com a cultura e período histórico, isso reflete também que tipo de tratamento se dá aos mortos, pois muda de acordo com a civilização (ALBUQUERQUE, 2017). Ao longo da história os corpos já foram cremados, mumificados, entre outros, e após foi estabelecido o enterro em cemitérios (CARNEIRO, 2008).

As necrópoles ao longo de muitos anos eram vistas como um lugar para descarte de corpo, sem qualquer preocupação com o impacto causado à saúde pública, nem ao ambiente. Os locais eram aleatoriamente escolhidos por serem longe de centros populosos, sem estudo prévio quanto à hidrogeologia e geotecnia, pois os mesmos não eram vistos como possível contaminante ambiental (SILVA; FILHO, 2009).

A industrialização e urbanização da sociedade crescente e desordenada fez com que os cemitérios se integrassem à malha urbana, fato que gera risco de contaminação do solo pelo efluente que é produzido com a decomposição dos corpos chamado de necrochorume (SANTOS, 2015). Em muitos aspectos as necrópoles podem se parecer com aterros sanitários, visto que em ambos casos ocorre o enterramento de matéria orgânica e inorgânica. Porém, o cemitério tem o agravante de carregar em seu efluente matéria orgânica que pode conter bactérias, microorganismos patógenos e vírus que causaram a morte do corpo enterrado (OURIVES, 2017).

Após a morte, o corpo se transforma em um ecossistema com vários organismos como vírus e bactérias decompositores de matéria orgânica e muitos outros, passíveis de pôr em risco o ambiente e saúde da população. Isso torna os cemitérios e locais de disposição de cadáveres possíveis de riscos e, por isso, precisam de cuidados técnicos adequados (ALBUQUERQUE, 2017).

O necrochorume é o líquido que vem da decomposição dos corpos, apresenta uma aparência viscosa de cor castanho-acinzentada em sua composição, tem 10% de matéria orgânica, 60% de água e 30% de sais minerais, além de substâncias altamente tóxicas chamadas de cadaverina e putrescina que produzem resíduo final o íon amônio, que também pode conter microrganismos patogênicos (KEMERICH, 2015).

O impacto causado pelo efluente pode ter gravidades diferentes, porque depende de fatores como umidade, precipitação, temperatura, o contexto geológico, geomorfológico e hidrogeologia onde está inserido, às condições de operação do cemitério como o tipo de sepultamento, o material impermeabilizante, topográfica, perfil do terreno e as características do solo (LELI et al, 2012).

O Brasil tem em sua maioria dos cemitérios, tanto públicos como particulares, problemas de cunho sanitário ou ambiental. Em muitos casos, há população em torno das áreas de influência do cemitério, com risco de contaminação do solo e do aquífero freático adjacente (SANTOS, 2015).

Com os problemas ambientais evidentes, pois são áreas que dispersam contaminantes para fora da área do cemitério, faz-se necessário o monitoramento desses empreendimentos e enquadramento de futuras construções, para que tenham o menor impacto possível. Nesse contexto, houve a criação da Resolução CONAMA n°335 de 03 de Abril de 2003 e a Resolução CONAMA n° 368, de 28 de março de 2006, a fim de monitorar e regulamentar esses locais.

Assim, o presente trabalho teve como foco investigar e analisar a situação de um cemitério tradicional localizado na zona rural da cidade de Três Cachoeiras, na localidade de Morro Azul, sobre possível contaminação do solo, por meio de análises físicas e químicas, além de averiguar a situação do cemitério perante a legislação brasileira.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo investigativo sobre as possíveis contaminações no solo por necrochorume em um cemitério rural, na zona periférica da cidade de Três Cachoeiras, no Rio Grande Do Sul.

### **1.2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Analisar fisicamente e quimicamente o solo do cemitério a fim de se obter resultados referentes à contaminação.
- Avaliar por meio de dados coletados a possibilidade de contaminação do solo do cemitério.
- Analisar a legislação vigente para a área de estudo.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

A criação das necrópoles, assim chamadas também de cemitérios, aconteceu com a problemática de que a população precisava descartar os corpos, porém, por muitos anos, não se tinha conhecimento do grande problema ambiental que os mesmos causavam. Com a evolução da ciência, os cemitérios se tornaram motivo de preocupação por conta do seu grande potencial de contaminação de solos, águas superficiais e subterrâneas (CAMPOS, 2007).

Segundo KEMERICH (2012), o problema de contaminação pode ser agravado quando existem áreas vulneráveis e população em torno das áreas de possível contaminação, podendo gerar problemas para a comunidade.

O cemitério, na localidade rural de Três Cachoeiras, está inserido em um meio onde existem plantações, pequena pecuária, residências familiares e corpos d'água a pouca distância, o que pode levar a um grau de contaminação no solo, trazendo consequências à população que vive entorno da área estudada.

Diante do cenário de falta de estudos em cemitérios e da contaminação desses locais, este estudo justifica-se, pois com os resultados obtidos os gestores públicos e órgãos relacionados à infraestrutura e meio ambiente poderão avaliar

formas de mitigar os problemas e aplicar ações necessárias para que não haja ocorrências de novas contaminações.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 HISTÓRICO DOS CEMITÉRIOS

A palavra cemitério é derivada do grego “koimeterion” que significa dormitório, e também do latim “ coemeterium” onde pode-se entender o lugar onde guardam os mortos. Tem por sinônimos as palavras necrópoles, cidade dos pés juntos e última morada (PACHECO, 2000).

Segundo PACHECO (2000), o início dos sepultamentos dos corpos se deu aproximadamente 100 mil anos a.C. com sepulturas construídas no solo, no interior de grutas, sendo que os principais cemitérios com sepulturas agrupadas surgiram a partir de dez mil anos a.C. É perceptível que ao longo dos tempos ocorreu evolução em relação às práticas funerárias e sempre houve a preocupação de destinação dos corpos pela sociedade.

Durante a idade média foi iniciada a prática do sepultamento dos mortos, sobretudo com os cadáveres de indivíduos de maior poder econômico/políticos e religiosos da época. Os funerais aconteciam em igrejas ou nas suas proximidades, com o intuito de estabelecer uma relação de proximidade entre os vivos e aqueles que já estavam mortos (BRIENZA, 2016).

Ao longo dos anos, com os sepultamentos nos arredores das igrejas acabaram tornando o entorno, um meio insalubre, com focos de contaminação por organismos patogênicos que acarretam em doenças graves que em alguns casos, por conta das condições sanitárias, levando a população à morte. Outro problema além da questão sanitária, era a grande lotação de sepulturas, não era possível abrir novas covas por falta de espaço (OLIVEIRA, 2022).

A superlotação de sepulturas começou a gerar incômodo nas comunidades, pois causavam um odor forte gerado pela decomposição dos corpos presentes nas igrejas. Assim, se começa a ter uma preocupação por gases liberados e após pouco tempo a prática de sepultamento nas igrejas foi proibida, primeiramente na Europa que era muita mais desenvolvida e após se espalhou pelo mundo (CARNEIRO, 2009). Carneiro (2009), aponta que no início essa decisão gerou irritação dos cristãos, mas por fim a própria igreja admitiu que a prática não era saudável nem higiênica para a população. Desta forma, foi proibida essa prática no Séc. XX.

Os cemitérios no Brasil, em sua maioria, eram alocados em locais de baixo valor econômico, com características geológicas tanto hídricas quanto geotécnicas inadequadas para tal fim. As necrópoles implantadas em lugares impróprios e sem obedecer às normas vigentes, tendem a propiciar impactos ambientais, podendo ser químicos, físicos e biológicos em todo local que forem construídas (SILVA, 2017).

## **2.2 SEPULTAMENTOS**

### **2.2.1 Inumação**

A inumação pode ser definida como o processo ou ato de inumas, também pode ser descrita como sepultamento e enterro. Segundo Campos (2007), o termo inumação é utilizado para todo tipo de sepultamento, independente da estrutura do cemitério em que é usado.

Muito usada entre os povos medievais modernos, chegando até os povos contemporâneos, pode se dizer que é constituída de uma cova aberta que depois é aterrada a profundidades de 1,00 a 1,50 metros em média, ou também posto na superfície com sobreposição de uma espessa camada de terra e pedras, ou ainda em uma cavidade ou caixa devidamente resguardada. É bastante comum encontrar esse tipo de processo em periferias e cidades pequenas (PACHECO 2000; CAMPOS 2007).

### **2.2.2 Tumulação**

Tumulação é o sepultamento de cadáveres em carneiros, são conhecidos como gavetas e construídas de alvenaria e concreto em formato retangular, onde recebem caixões e são lacradas, podendo ser enterradas com até cinco metros de profundidade (CAMPOS 2007; PACHECO 2000).

## **2.3 TIPOS DE CEMITÉRIOS**

### **2.3.1 Cemitério Vertical**

A resolução CONAMA n° 335 de 03 de abril de 2003 no 2° artigo define que, cemitérios verticais são um edifício de um ou mais pavimentos dotados de compartimentos destinados a sepultamentos.

Conforme mostra a figura 1, o cemitério vertical é construído acima do nível do solo, não mantendo contato com a terra. Os sepultamentos acontecem em gavetas uma ao lado da outra, formando assim corredores e andares, sendo possível a circulação de pessoas pelos corredores, escadas e elevadores (CAMPOS 2007).

Figura 1: Memorial Necrópole Ecumênica em Santos, São Paulo.



Fonte: Memorial Santos, 2021.

Oliveira (2021), aponta que cemitérios verticais são vantajosos em relação a outros tipos, pois precisam de menor área para sua implantação, pouca exigência do tipo do solo (CAMPOS, 2007), bem como a questão ambiental, porque não há chance de contaminação do solo e águas. Entretanto, esses empreendimentos

precisam de sistemas de inativação dos gases e necrochorume gerados (OLIVEIRA, 2021).

A desvantagem é o alto custo de construção e manutenção desses cemitérios, pois precisam de manutenção constante para evitar vazamentos de necrochorume e possível emissão do cheiro. Outra desvantagem é a liberação de gás sem tratamento para o meio (OLIVEIRA, 2021; CAMPOS, 2007) .

### 2.3.2 Cemitério Horizontal/ tradicionais

A resolução CONAMA n° 335 de 03 de abril de 2003 no 2° artigo define que, cemitério horizontal é aquele localizado em área descoberta, compreendendo os tradicionais, é o do tipo parque ou jardim.

Os cemitérios horizontais constituem a forma mais comum de sepultamento, segundo Kemerich (2014), são descritos por possuírem acessos com pavimentação, contendo câmaras funerárias dispostas de forma direta no solo, sendo que a inumação pode ser de forma submersa em uma cova (KEMERICH, 2014; CAMPOS, 2007). Neste tipo de cemitério, a predominância de jazigos de alvenaria, capelas, objetos e esculturas religiosas, contendo peças funerárias de mármore e granito, ilustrado na figura 2, com pouca ou nenhuma vegetação aparente (OLIVEIRA, 2021).

Figura 2: Cemitério tradicional, Santa casa no Rio de Janeiro.



Fonte: Funerária santa casa, 2020.

Campos (2007) aponta que a vantagem desse tipo de necrópole é a facilidade da decomposição dos corpos, pois eles têm maior contato com o solo por conta da inumação dos mesmos.

Algumas desvantagens desses sepultamentos são: a possível contaminação das águas subterrâneas e superficiais, a ocupação de grandes áreas, visto que nossa sociedade enfrenta problemas com espaço, alto custo na sua construção e manutenção, interferência direta na estética urbana e do local onde está inserido, e possível proliferação de insetos e animais como mosquitos, escorpiões e baratas, que trazem problemas à saúde (KEMERICH, 2014; OLIVEIRA; 2021).

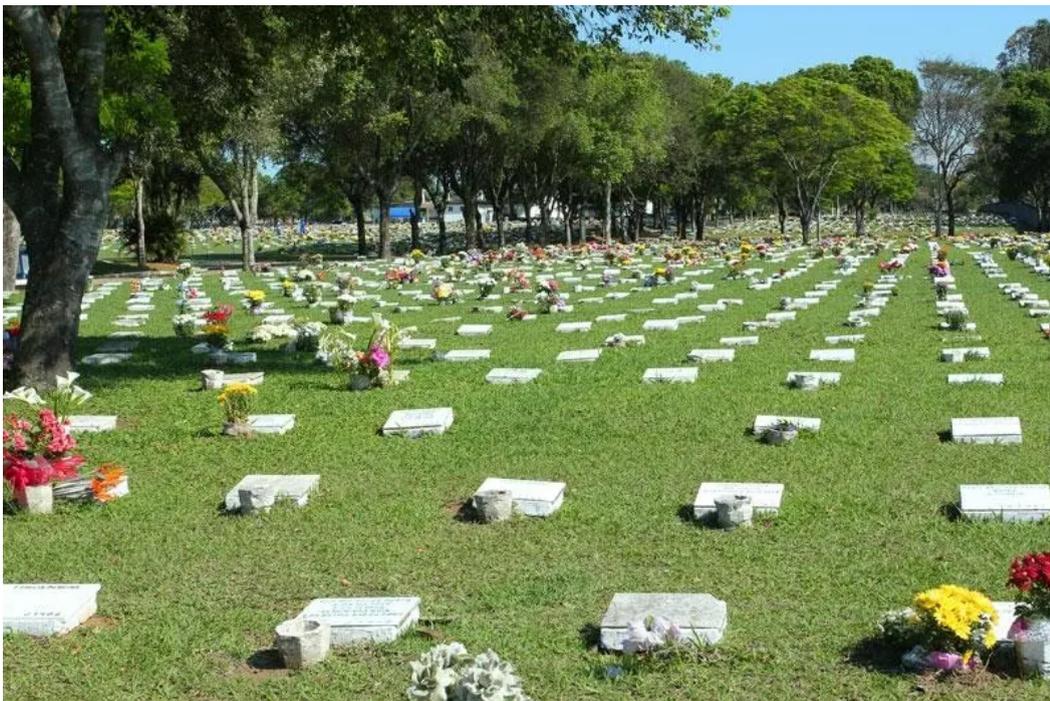
### **2.3.3 Cemitério Parque/Jardim**

A definição dada pela Resolução CONAMA nº 335 de 3 de abril de 2003 diz que o cemitério parque ou jardim é aquele predominantemente recoberto por jardins, isento de construções tumulares, e no qual as sepulturas são identificadas por uma lápide, ao nível do chão, e de pequenas dimensões .

Os cemitérios jardins podem ser descritos como construções formadas por gavetas concebidas no solo, com árvores e grama fazendo sua cobertura, não apresentando estruturas de túmulos como os cemitérios tradicionais, mas com a presença de lápide pré moldadas que são responsáveis pelo reconhecimento das sepulturas, seguindo um padrão para todos, independente de classe social, como mostra a figura 3. (MORAIS, 2019) .

Silva (2017), aponta que o malefício dos cemitérios jardins é a falta de tratamento do necrochorume, uma vez que os corpos são enterrados sem uma preocupação pela interdição para os líquidos e gases que são gerados, o que acaba causando contaminação do solo e das águas, podendo levar o ser humano a ter possíveis riscos à saúde.

Figura 3: Cemitério Jardim da Paz.



Fonte: Jardim da Paz, 2022.

### **2.3.4 Crematórios**

A prática da cremação é destinada à incineração de cadáveres. O crematório é composto por fornos com filtros que retêm o material particulado, que cremam corpos em compartimentos isolados. Cada corpo permanece por volta de duas horas no local e logo após esse período ficam somente cinzas, que são entregues aos responsáveis pelo corpo após sete dias, em uma urna apropriada para as cinzas (KEMERICH, 2014).

A instalação de locais de cremação apresenta vantagens como, a não contaminação do necrochorume nas águas subterrâneas e no solo, a destruição de microrganismos que poderiam interferir no ambiente e a ocupação de menor área em relação aos outros tipos de cemitério (CAMPOS, 2007; KEMERICH, 2014).

## **2.4 PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO DOS CORPOS**

Após o sepultamento, o cadáver, normalmente, fica suscetível aos fenômenos transformativos, que podem ser destrutivos, que faz referência ao período de decomposição da matéria orgânica por meio da destruição celular pelas próprias

enzimas da célula, se estiverem expostos a condições ambientais favoráveis do meio, como o solo, temperatura e umidade (SILVA E SUGIU, 2008; MORAIS, 2019). Ou conservativas, fenômeno que pode ser descrito como processo de retardamento na decomposição do corpo, atuando como uma falsa preservação, que está ligada às condições físicas, químicas e biológicas tanto do corpo quanto do ambiente (MORAIS, 2019).

Posteriormente à morte, os corpos começam o processo de decomposição, passando por fases de destruição dos tecidos por ação de bactérias e enzimas (CARVALHO, 2019). Em condições normais, a divisão da decomposição dos corpos pode ser dividida em quatro etapas, começando pelo período de coloração, gasoso, coliquativo, e de esqueletização, que podem ocorrer ao mesmo tempo nas diferentes áreas do corpo (OLIVEIRA, 2021). Esse processo de transformação resulta em gases, líquidos e sais (CARVALHO, 2019). O contaminante é gerado no processo coliquativo.

#### **2.4.1 Processo coliquativo**

Com o avanço da putrefação pelos microrganismos, é nesta fase que ocorre a decomposição dos tecidos moles do cadáver, com o contato dos microrganismos da fauna nacrófaga, que faz o cadáver perder sua forma (CAMPOS, 2007; MORAIS, 2019). Esta fase pode durar de seis a oito meses após o sepultamento do corpo, numa faixa de temperatura entre 18 e 25°C, dependendo das condições do meio externo, e da resistência do próprio corpo (OLIVEIRA, 2021; MARCOMINI, 2012).

É no período coliquativo que ocorre a geração do necrochorume, também conhecido como líquido da coliquação, que é vetor de contaminação de solo e águas (MARCOMINI, 2012; OLIVEIRA, 2021).

#### **2.5 MUMIFICAÇÃO**

O fenômeno de mumificação, é definido como o fenômeno de conversão em múmia, pode ocorrer naturalmente, como artificialmente. A espontânea ocorre em condições em que o clima seja quente, a mumificação é atrelada a baixa umidade relativa, ou seja, inibe a proliferação dos organismos putrefativos (PACHECO, 2000).

Pode ocorrer também por óbitos específicos, como morte por hemorragia, ou

por ingestão de arsênio e antimônio. A mumificação artificial é o tratamento do corpo com substâncias químicas nocivas aos humanos (SILVA; FILHO, 2008).

## **2.6 SAPONIFICAÇÃO**

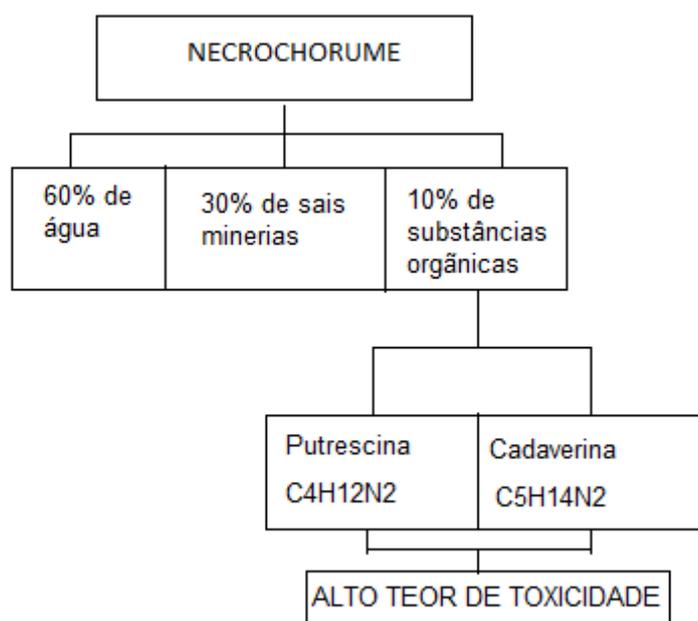
Segundo Pacheco (2000) e Silva e Malagutti (2008), a saponificação é o termo utilizado que define a transformação de gordura em sabão. O processo ocorre em ambientes específicos, que são alagadiços, quando o excesso de umidade inibe a atuação dos germes de decomposição da matéria orgânica.

## **2.7 NECROCHORUME**

O efluente líquido gerado a partir da decomposição dos corpos recebe o nome de necrochorume. Silva e Malagutti (2008), afirmam que a principal causa de poluição ambiental de cemitérios é o necrochorume, que é descrito como um líquido viscoso, liberado intermitentemente pelos cadáveres em putrefação, de cor acinzentada acastanhada, cheiro com odor fétido, com tendência a endurecer e é rico em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, incluindo a cadaverina e a putrescina. (ALCÂNTARA, 2010; SILVA E MALAGUTTI, 2008).

O necrochorume contém cerca de 60% de água, 30% de substâncias mineralizadas e 10% de substâncias orgânicas como mostra a figura 4, possuindo densidade média de  $1,23 \text{ g/cm}^3$  (ALCÂNTARA, 2010; PACHECO, 2000), e seu pH varia de 5 a 9 e temperaturas entre 23 a 28 °C (FERREIRA *et al*, 2021). A relação entre o peso do corpo e a produção deste efluente, apontado por Carneiro (2008) é de 0,60 L/Kg, então pode se dizer que a geração do efluente varia com a massa do cadáver. Fazendo uma média, cada corpo pode liberar entre 30 a 40 litros de necrochorume (CAMPOS, 2007).

Figura 4: Fluxograma dos componentes no necrochorume.



Fonte: Adaptado de Oliveira (2021).

O necrochorume apresenta várias outras substâncias que Ferreira *et al* (2021) cita, como, nitrogênio (1.800g), carbono (1.6000 g), cálcio (110 g), fósforo (500 g), enxofre (140 g) potássio, (140 g), sódio (100 g), cloreto (95 g), magnésio (19 g), ferro (4,2g) e 65% do peso de água.

Também é, facilmente, encontrado elevados números de bactérias heterotróficas, proteolíticas e lipolíticas. Pode ser encontrados além disso: *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter* e a *Streptococcus faecalis*, e organismos patogênicos que causam tétano, gangrena gasosa e infecção alimentar, chamados *Clostridium perfringens*, *Clostridium welchii*. A *Salmonella typhi* causa a febre tifóide e *S. paratyphi* a febre paratífóide, e por fim a *Shigella* é causadora da desinteria bacilar e o vírus da hepatite A (SILVA E MALAGUTTI, 2008).

Destaca-se ainda que, durante a degradação desses compostos, o cadáver pode produzir diaminas com alto grau de toxicidade como a cadaverina (C<sub>5</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>) e a putrescina (C<sub>4</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>). Essas substâncias são cancerígenas, neurotóxicas, nefrotóxicas, com certo potencial mutagênico e também carregam doenças infecto contagiosas, podendo ser degradadas liberando NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, substância tóxica em altas

concentrações (FERREIRA *et al*, 2021; OLIVEIRA, 2021). As características das substâncias cadaverina e putrescina são descritas abaixo pela tabela 1.

Tabela 1: propriedades da putrescina e cadaverina.

Propriedade	Cadaverina (C <sub>5</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub> )	Putrescina (C <sub>4</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> )
Massa Molecular	102,18	88,15
Densidade	0,873G/CM <sup>3</sup>	0,877G/CM <sup>3</sup>
Ponto de fusão	26°C- 28°C	27°C- 28°C
Ponto de ebulição	178°C- 180°C	158°C - 160°C
Índice de refração	1,4582	1,4569
Solubilidade em água	Elevada	Elevada
Toxicidade	Elevada	Elevada
Coloração	Pardacenta	Pardacenta
Odor	Corrosivo	Corrosivo

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2021.

SILVA (2000) cita que, ao longo de determinado tempo, no meio natural o necrochorume, devido à capacidade de autodepuração que o solo possui, o mesmo consegue se reduzir e decompor a substâncias mais simples e consideradas de menor preocupação, em função do teor de argilas ativas presentes no solo, onde é processada uma filtração lenta dos percolados associada à oxidação. A análise do pH do solo é uma das condições para compreender suas características. Os baixos níveis de pH podem indicar a capacidade de condução de poluentes que possuem elevadas concentrações de metais. Então, o comportamento do necrochorume depende não somente de suas propriedades físico-químicas, mas também essa condição depende diretamente do tipo de solo onde o cemitério está inserido (SILVA, 2000; CAMPOS, 2007; FERREIRA *et al*, 2021).

## 2.8 IMPACTOS CAUSADOS

### 2.8.1 Contaminação do ar

O processo de decomposição dos corpos geram gases, que podem ser tóxicos, um exemplo é o Gás Sulfídrico ( $H^2S$ ), que é extremamente inflamável e tóxico, podendo ter relação com problemas de saúde e ser fatal. Outros gases presentes são: Metano ( $CH_4$ ) que tem alto teor de combustibilidade, amônia ( $NH^3$ ) que é tóxica e altamente solúvel em água, hidrogênio ( $H^2$ ) que não é tóxico e o dióxido de carbono ( $CO^2$ ) que apresenta características de ser inodoro, incolor, e em determinadas concentrações é sufocante (OLIVEIRA, 2021; KEMERICH, 2014).

Outros gases podem ser emitidos como os óxidos metálicos que englobam o ferro, cádmio, mercúrio, entre outros, que, em sua maioria, são lixiviados dos detalhes e adereços dos caixões e urnas. O formaldeído e o metanol também são encontrados e estão presentes na técnica do embalsamento (SILVA, 2017).

A poluição causada pelo ar contaminado, pode acarretar em aumento de casos de doenças relacionadas ao sistema respiratório e doenças cardíacas como, a asma, e problemas devido a eliminação dos gases pelo corpo, além de certa irritação dos olhos (SILVA, 2000; KEMERICH, 2014).

Kemerich *et al* (2012,b) aponta que em relação aos crematórios, a cremação não tem liberação de fumaça no seu processo, pois o mesmo ocorre a temperatura média de  $900^{\circ} C$  e leva em torno de duas horas. Nesse tempo, se tem a captura dos gases liberados pela queima dos corpos. Kemerich (2014) afirma que o processo de cremação é considerado o método de menor impacto ambiental, porque pode se dizer que não há geração de resíduos que potencialmente pode contaminar o meio.

## **2.8.2 Contaminação da água**

### **2.8.2.1 Contaminação superficial**

A contaminação superficial da água nos cemitérios se dá principalmente por empreendimentos localizados em terras consideradas desfavoráveis, com alta elevação topográfica, pelas construções tumulares e pela pavimentação das ruas. Esta situação associada à declividade do piso e a um sistema de drenagem obsoleta favorece o escoamento superficial das águas pluviais. Essas águas podem inundar sepulturas com baixa qualidade de estanqueidade, que podem se mover para vias públicas, plantações e serem ingeridas por animais, ou então caírem na rede de

coleta pluvial que chega a corpos hídricos, aumentando a área de contaminação para fora no cemitério (OLIVEIRA, 2021; ALCÂNTARA, 2010).

Silva e Malagutti (2010), discutem que tanto o interior do cemitério, quanto o perímetro do entorno devem ter sistemas de drenagem que sejam eficientes de acordo com a demanda, além de outros dispositivos que ajudem a evitar a contaminação, como, terraceamento e taludamentos, que são destinados a dispor da maneira mais segura e adequada o escoamento das águas pluviais, e evitar outros problemas ambientais como alagamentos e erosão.

A contaminação das águas superficiais por necrochorume pode acarretar em sérias doenças, essas por conta da veiculação hídrica, porque os patógenos presentes no necrochorume atingem a água que pode ser utilizada para consumo. Essa contaminação pode gerar ocorrências de doenças como diarreias e vômitos, além de transmitir bactérias e vírus, todos possíveis de estarem no produto da coliquação de cadáveres (ALCÂNTARA, 2010; KEMERICH, 2012; OLIVEIRA, 2021).

### **2.8.2.2 Contaminação subterrânea**

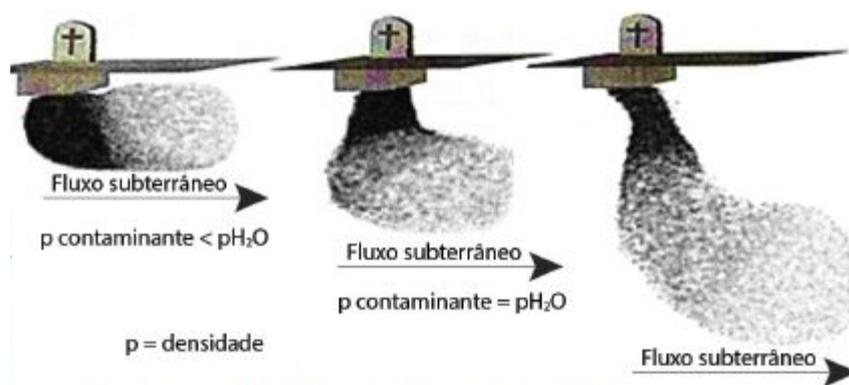
A degradação dos corpos aquáticos contaminados é uma preocupação hoje em dia, e tem sido tema de diversas pesquisas, porque se tem um grande aumento da população sem controle, que gera um uso desenfreado e, muitas vezes, indevido da água. Com isso, o intenso uso e exploração dos recursos hídricos, nas atividades de produção e consumo estão se degradando (KEMERICH, 2014).

A infiltração das águas da chuva nos túmulos promove o transporte de diversos compostos químicos tanto orgânicos quanto inorgânicos para o solo, que, dependendo das características geológicas do mesmo, podem alcançar o nível freático e assim gerar contaminação. Um monitoramento periódico e eficiente das águas pode minimizar esse risco (KEMERICH & BORBA, 2013; KEMERICH, 2014).

A maior parte da contaminação do necrochorume ocorre da zona não saturada, porém dependendo das características hidrogeológicas o contaminante pode chegar até o nível freático. A zona não saturada é composta de partículas sólidas e de poros, podendo estar preenchidos por ar ou água, e a zona saturada contém água em todos os espaços disponíveis. A divisão das duas partes é o início do lençol freático (OLIVEIRA, 2021).

O processo de transporte dos contaminantes ocorre inicialmente de forma vertical, que ao chegar ao nível do aquífero, muda de direção e tende a locomover no sentido do fluxo subterrâneo de forma horizontal. A densidade da água e do efluente são diferentes, o que resulta na solubilização do efluente na água, o que resulta em plumas de contaminação, onde elas se espalham pelo solo saturado, que podem atingir diferentes distâncias, como mostra a figura 5. Se o necrochorume chegar no aquífero com contaminantes, o manancial estará comprometido. Uma das problemáticas da ocorrência destas plumas que chegam até o freático é a possibilidade de interceptação com poços de captação de água para consumo (OLIVEIRA, 2021; KEMERICH, 2014).

Figura 5: Fluxo da pluma de contaminação do necrochorume com relação a densidade do efluente e a água.



Fonte: Silva (1999) *apud*. Campos (2007).

A vulnerabilidade das águas subterrâneas serem contaminadas é uma função de eficiência de filtragem do meio, atividades antrópicas passíveis de contaminação, medidas de controle ambiental que são algumas das variáveis para o gerenciamento do meio. Pacheco (2000), aponta que a implantação de empreendimentos em áreas que apresentem condições geológicas que são favoráveis á fenômenos conservativos dos cadáveres ou materiais que propiciem menor retenção do contaminante em sua camada superficial, podem levar a uma alteração nas características físico-química e bacteriológica das águas, podendo contaminar.

A Figura 6, ilustra um modelo de situações de sepultamentos com os riscos que apresentam, respectivamente, a contaminação das águas subterrâneas pela

pluma de contaminação, conforme o local do sepultamento, relação à geologia, profundidade do nível freático e os aspectos ambientais externos ao meio físico como rachaduras nos jazigos (SILVA & MALAGUTTI, 2009).

Figura 6: Modelo de risco à contaminação da água subterrânea.



Fonte: Silva e Malagutti, 2009.

A primeira situação (A), tem se uma lenta condução de contaminante, pois é média a condutividade hidráulica do material geológico, é possível observar uma alta adsorção devida às características do solo junto com a profundidade do nível freático favorável, o efluente é retido na zona não saturada. É classificada como situação de médio risco à contaminação da água subterrânea.

A segunda situação (B) tem o jazigo sob o nível freático, possivelmente ocorre inundação, pois em sua maioria os jazigos não são impermeáveis. É considerada uma situação de extremo risco.

A terceira situação (C) está dentro do ideal e de acordo com a resolução CONAMA 335, que exige o sepultamento dos corpos acima no nível natural do terreno, para que tenha o menor risco de contaminação da água subterrânea.

A quarta situação (D) tem o favorecimento na condução do contaminante a profundidades maiores, devido a alta condutividade hidráulica junto a baixa profundidade do nível freático. É considerado um caso de alto risco para a contaminação do meio (SILVA E MALAGUTTI, 2009).

### 2.8.3 Contaminação do solo

A ausência de cuidados com a proteção ambiental nas necrópoles, nos últimos séculos, resultou em diversos problemas ambientais, como a contaminação de diversas áreas com substâncias orgânicas e inorgânicas, além de organismos patogênicos. Isso ocorre porque os cemitérios foram instalados em lugares inadequados ambientalmente (SILVA & MALAGUTTI, 2009).

A EMBRAPA (2018) define solos como uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta. A Resolução CONAMA 420/2009 define que a função dos solos, dentre outras, é agir como filtro natural, tampão e meio de adsorção, degradação e transformação de substâncias químicas e organismos; proteger as águas superficiais e subterrâneas (BRASIL, 2009).

O processo de contaminação ocorre no solo de modo lento, com consequências sérias a longo prazo (BOSCOV, 2009). Silva e Malagutti (2009) apontam que a contaminação do solo em um determinado local, somente ocorre se o meio físico é suscetível às condições de vulnerabilidade, que ocorrem pelas características geológicas e hidrogeológicas do meio. Então, a contaminação por necrochorume ocorre no meio não saturado, sendo dependente da estrutura do local (ALCÂNTARA, 2010).

Silva (2017), define que para se obter melhor entendimento do que ocorre no processo de contaminação do solo, é preciso entender as suas zonas. A zona não saturada ou de aeração, e zona saturada é aquela que a água ocupa todos os espaços. A figura 7, ilustra os níveis de distribuição da água no solo.

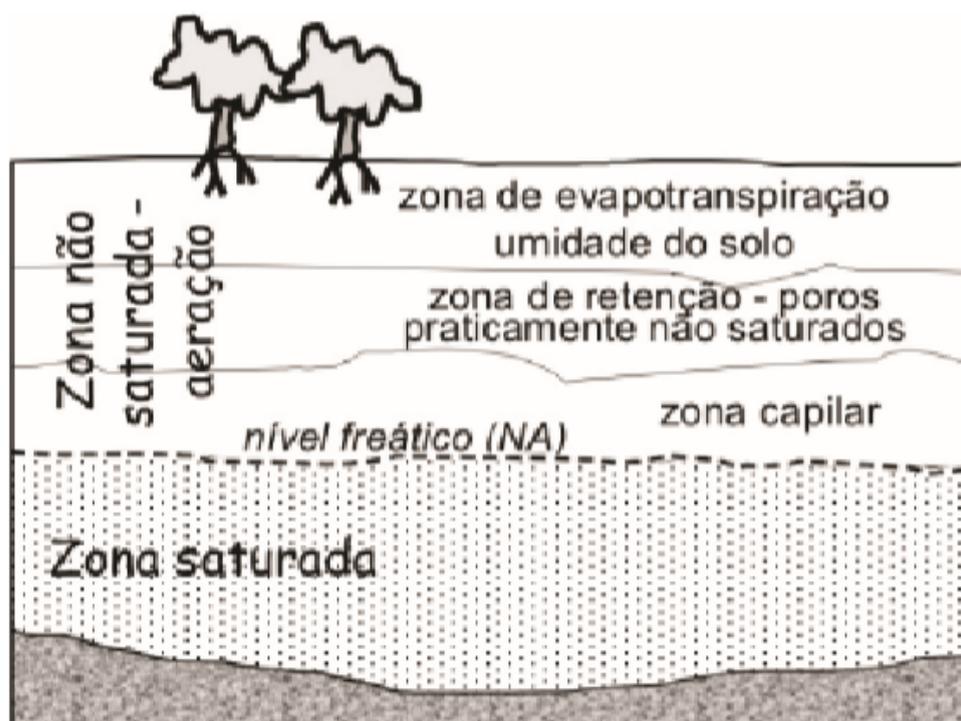
A zona de aeração é composta por partículas sólidas e de espaços que podem estar preenchidos de forma variável, tanto por ar, quanto por água. O fluxo da água nesta zona, tende a se movimentar do nível do potencial hidráulico mais alto para o mais baixo, e, normalmente, o fluxo tem direção vertical (SILVA E MALAGUTTI, 2009; SILVA, 2017).

O fluxo tem seu processo continuado na zona saturada, porém com velocidade de percolação menor, e com mudança de direção, que passa a ser horizontal. A zona não saturada do solo é a faixa mais importante na defesa contra o transporte dos produtos da decomposição aos aquíferos e serve como filtro

(CAMPOS, 2007), devido ao seu ambiente que contém solo, água e ar, ajudando na eliminação de contaminantes, e por características específicas tem condições para absorver, interceptar e eliminar bactérias e vírus, ou também degradar compostos orgânicos (SILVA, 2017; FERREIRA et al, 2021; SILVA E MALAGUTTI, 2009).

Ferreira *et al* (2021) fala que a condutividade no solo saturado é maior que em solos não saturados, porque o excesso de água nos poros faz a água fluir. O grau de saturação é considerado relevante para se considerar valores de condutividade hidráulica, pois em zonas saturadas ela é maior que em solos não saturados. O excesso de água nos poros faz a água fluir, já no meio não saturado, a condutividade hidráulica varia de acordo com a umidade do solo. A condutividade hidráulica do material geológico de cemitérios deve ser entre  $10^{-5}$  e  $10^{-7}$  cm/s. Nessas áreas, a espessura da zona não saturada e o tipo de material geológico são fatores determinantes para filtragem dos líquidos resultantes da decomposição de cadáveres (OLIVEIRA, 2021).

Figura 7: Distribuição da água no solo.

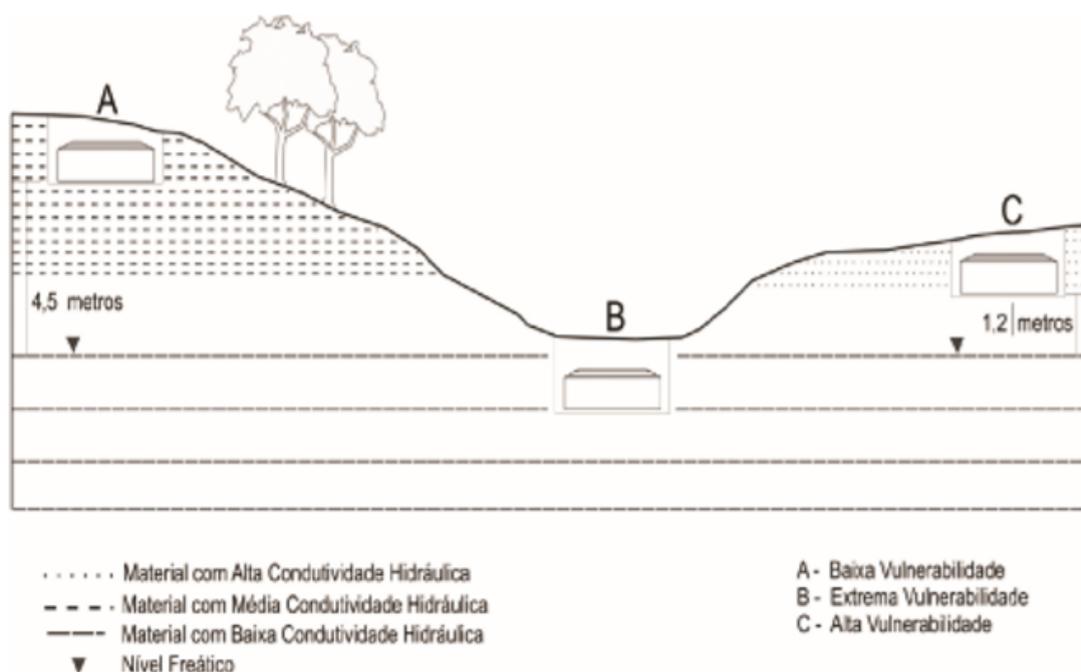


Fonte: Silva e Malagutti, 2009.

Existem diversos níveis que tornam o local de sepultamentos vulnerável no meio físico, como o local, a sua a litologia e o nível freático. A Figura 8 ilustra os diferentes tipos dos níveis de vulnerabilidade presentes nos cemitérios (BOSCOV, 2009; SILVA E MALAGUTTI, 2009).

A primeira situação (A) é descrita por ter material geológico com média condutividade hidráulica e ter o nível freático com profundidade acima do recomendado, por essas características é sugerido os sepultamentos dos corpos, pois essa situação é considerada de baixa vulnerabilidade de contaminação e, assim, favorece os fenômenos transformativos destrutivos. A segunda situação (B) apresenta material geológico com baixa condutividade hidráulica e tem o nível freático quase aflorante. Por isso, não é recomendada para processo de sepultamento, é uma área de extrema vulnerabilidade para contaminação, além de favorecer os processos transformativos conservativos, como a saponificação. A terceira situação (C) também não aconselha os sepultamentos, pois o material geológico tem alta condutividade hidráulica, além do nível freático ser abaixo do recomendado (BOSCOV, 2009; SILVA E MALAGUTTI, 2009; OLIVEIRA, 2021).

Figura 8: Modelo de níveis de vulnerabilidade do meio físico de subsuperfície em cemitérios.



Fonte: PACHECO (1986) *apud*. Silva e Malagutti (2009).

A textura do solo interfere diretamente no processo de contaminação do meio. A EMBRAPA (2018) caracteriza os solos argilosos por ter o teor de argila acima de 35%, e apresentarem alto poder de floculação, baixa permeabilidade e grande capacidade de reter água, têm como características colorações avermelhadas, amarelada, e mais raramente, acinzentadas (ALCÂNTARA, 2010; EMBRAPA, 2018). O solo mais argiloso possui granulação bem menor, conseqüentemente aumenta sua área superficial, permitindo que as moléculas do contaminante fiquem retidas (CARNEIRO, 2008).

Os solos arenosos, têm teores de areia superiores a 70% e de argila inferior a 15%. São solos que possuem uma boa aeração, com baixa capacidade de retenção de água e baixos teores de matéria orgânica (EMBRAPA, 2018). Solos arenosos são constituídos de granulação grossa e área superficial menor, o que significa que não apresentam capacidade de reter os contaminantes. Nesse tipo de solo, a baixa capacidade de reter água, permite o arejamento das sepulturas que tem o efeito de prolongar a putrefação, e em períodos chuvosos ocorre a saturação dos solos o que propicia a saponificação dos corpos (ALCÂNTARA, 2010; FERREIRA *et al*, 2021). Para que as condições de drenagem do necrochorume e os processos de decomposição aeróbica sejam favorecidos, o solo precisa ter entre 20% a 40 % de argila (FERREIRA *et al*, 2021).

Kemerich e Borba (2013), apontam que a precipitação é um fator que influencia no transporte de muitos compostos químicos (orgânicos e inorgânicos) para o solo decorrente da infiltração das águas da chuva. Através dos túmulos e dependendo das características geológicas do terreno, esses compostos podem atingir o aquífero (KEMERICH E BORBA, 2013).

O solo na zona saturada tem elementos como, sulfatos, cloretos, íons de magnésio, fósforo, sódio e estrôncio. A interação e a predominância de uma reação sobre outra é controlada pelos constituintes específicos da terra. Então, a interação do solo, reações químicas-físicas e necrochorume que ocorrem durante o processo de percolação, pode reduzir a concentração do contaminante durante o processo de transporte do efluente no solo. O tipo de solo e solução contaminada tem reações específicas que podem alterar os contaminantes por meio das formas de atenuação. As principais formas de reter poluentes no subsolo ocorrem por processos físicos

como: filtração, dispersão e separação gravimétrica e químicos: absorção e adsorção, hidrólise e reações de oxirredução e biológicos: processos anaeróbios e aeróbios, e biodegradação (FERREIRA *et al*, 2021).

Pacheco (2000) e Boscov (2009) define adsorção como um processo físico que envolve fixação de moléculas em um sólido pela atração que existe entre os íons e a carga elétrica dessa matriz sólida. É o mecanismo principal que retém metais em solução, mas não consegue reter substâncias orgânicas.

A contaminação proveniente da percolação do necrochorume acarreta no aumento da condutividade elétrica, dureza da solução do solo e alterações do pH, derivado da presença de compostos de nitrogênio e fósforo e de sais como: Cl<sup>-</sup>, HCO<sup>3-</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup> e também pode ocorrer presença de óxidos metálicos como: Ti, Cr, Cd, Pb, Fe, Mn, Ni. que são lixiviados de adereços das urnas mortuárias, caixões, além de patógenos associados a mortes por doença infectocontagiosa (SILVA; FILHO, 2009).

## **2.9 PARÂMETROS DE INTERESSE E LEGISLAÇÃO APLICÁVEL**

A questão de possíveis contaminações no meio das necrópoles fez com que os órgãos de fiscalização do país começassem a inspecionar e multar os cemitérios públicos e privados no Brasil que não se adequassem às normas.

Foram criadas leis específicas para proteção ambiental, onde todos os cemitérios precisam estar dentro das exigências da Resolução nº 335 de 03 de Abril de 2003, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Em 28 de março de 2006, a Resolução CONAMA nº 368 alterou os artigos 3 e 5 da 335/2003 e revogou o inciso III, do § 3º, do art. 3º. A última mudança na norma ocorreu em 17 de novembro de 2008, com a Resolução CONAMA nº 402, onde a lei alterou os artigos 11 e 12 da CONAMA 335/2003, e revogou o art. 3 da mesma norma.

As resoluções se fazem necessárias para conhecimento de prefeituras e empreendimentos, pois os mesmos precisam apresentar de forma minuciosa, um documento constando a área exata que ocorrerá a implantação, sendo que esta área deverá estar devidamente dentro dos requisitos propostos pela Resolução.

### 3 METODOLOGIA

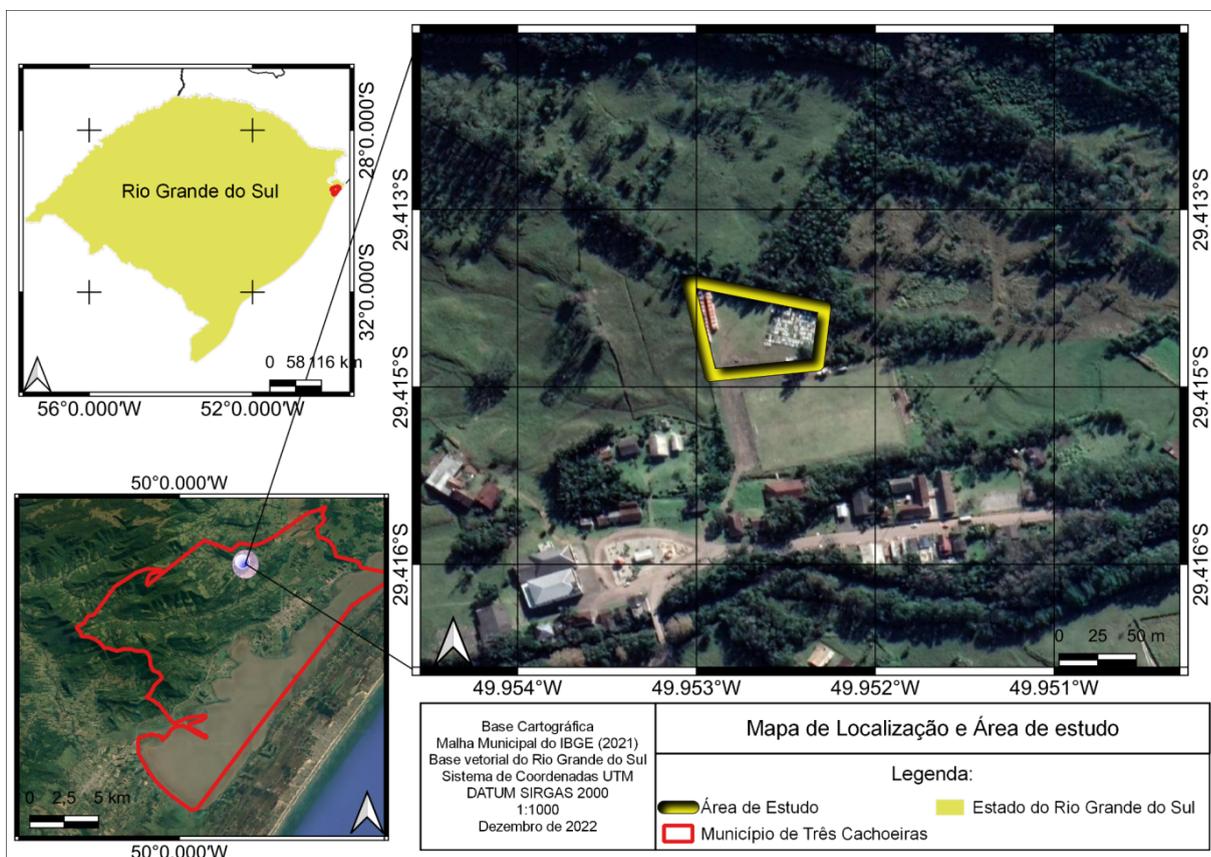
O capítulo a seguir apresenta a caracterização da área de estudos, bem como o detalhamento das análises utilizadas para se chegar aos resultados e às considerações finais.

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

##### 3.1.1 Área de estudo

O município de Três Cachoeiras está inserido na encosta nordeste do planalto meridional do Rio Grande do Sul nas coordenadas: 29° 16' 22" e 29° 35' 27" de latitude Sul; e 49° 42' 26" e 50° 09' 19" de longitude Oeste; O município tem área de 252,7 km<sup>2</sup>, e fica a 171 km de Porto Alegre, e tem vias de acesso a BR 101 e RS 494. A figura 9 apresenta a localização geral, local e os acessos.

Figura 9: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autor, 2022.

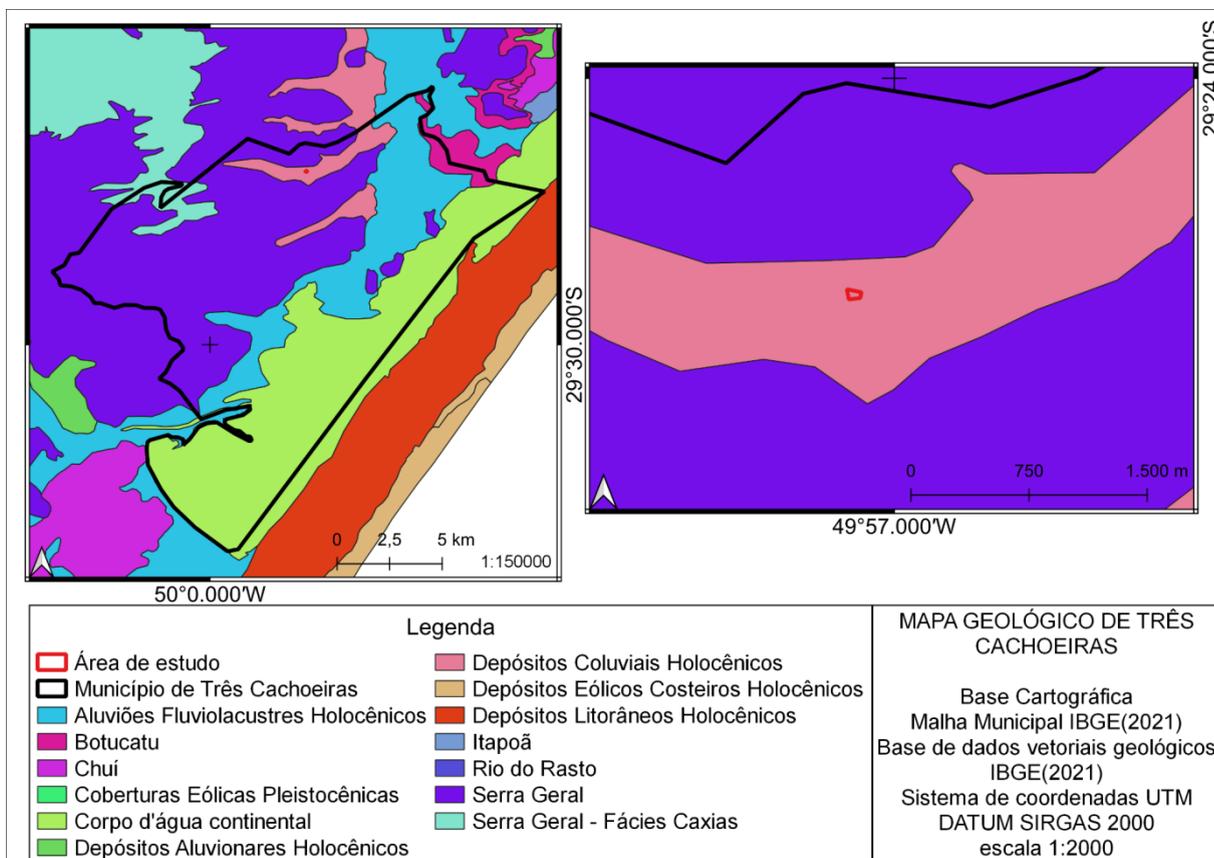
O cemitério está inserido a 15 km de distância do centro urbano do município, sendo o local do estudo uma zona rural chamada Morro Azul, como mostra a figura 9. Apesar de estar longe de grandes centros urbanos existem moradores na vizinhança do local de estudo. Segundo IBGE (2022), a população estimada é de 11.174 habitantes em 2021, no município.

### **3.1.2 Contexto geológico da região**

O Município de Três Cachoeiras está inserido no contexto geológico da Bacia de Pelotas que tem como característica, os depósitos de sequências clásticas continentais e transicionais. Os depósitos sedimentares do estado, no qual o município de Três Cachoeiras está inserido, correspondem à sequência superior da Bacia de Pelotas (SCHUTZ, 2009). As unidades geológicas que ocorrem na planície costeira do Estado, da qual a área de Três Cachoeiras está inserida, compreende os arenitos da Formação Botucatu que é constituída por arenitos eólicos, sobrepostos pelos pacotes vulcânicos da Formação Serra Geral (FSG) que é constituída de basalto toleítico (SCHUTZ, 2009). A área de estudo se encontra inserida nos depósitos coluviais holocênicos, conforme figura 10.

A FSG é constituída basicamente por uma sucessão de derrames de lavas que apresenta uma sequência formada por rochas de composição predominantemente básica, como basaltos e andesitos, e uma sequência superior formada por rochas de composição predominantemente ácida, como riolitos e dacitos.

Figura 10: Mapa geológico da área de estudo.



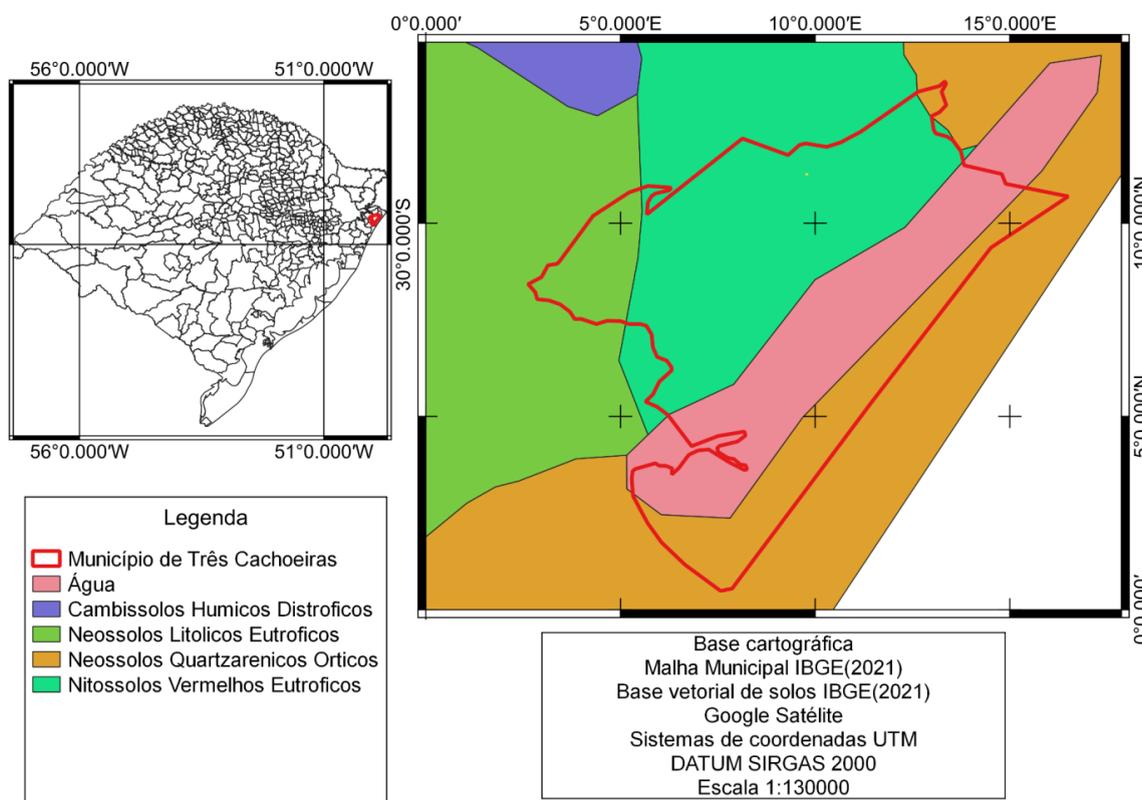
Fonte: Autor, 2023.

### 3.1.3 Pedologia

O município de Três Cachoeiras está inserido no tipo de solo descrito pela Embrapa no mapa de solos do Brasil, como, Nitossolo vermelho eutrófico, e as regiões periféricas como Cambissolo húmico distrófico e neossolo litólico eutrófico, como mostra a figura 11 (EMBRAPA, 2022). A região conta com diversos cursos d'água que cortam o município como: rio do terra, rio maquiné e rio três forquilhas.

Os solos denominados de nitossolo têm como características, segundo a Embrapa (2018), por serem profundos, bem drenados, de coloração variando de vermelha a brunada. São, em geral, de moderadamente ácidos a ácidos, com argila de atividade baixa ou com caráter alumínico conjugado com argila de atividade alta, com composição caulínítico-oxidica.

Figura 11: Mapa de solos da região de Três Cachoeiras-rs.



Fonte: Autor, 2022.

### 3.1.4 Clima

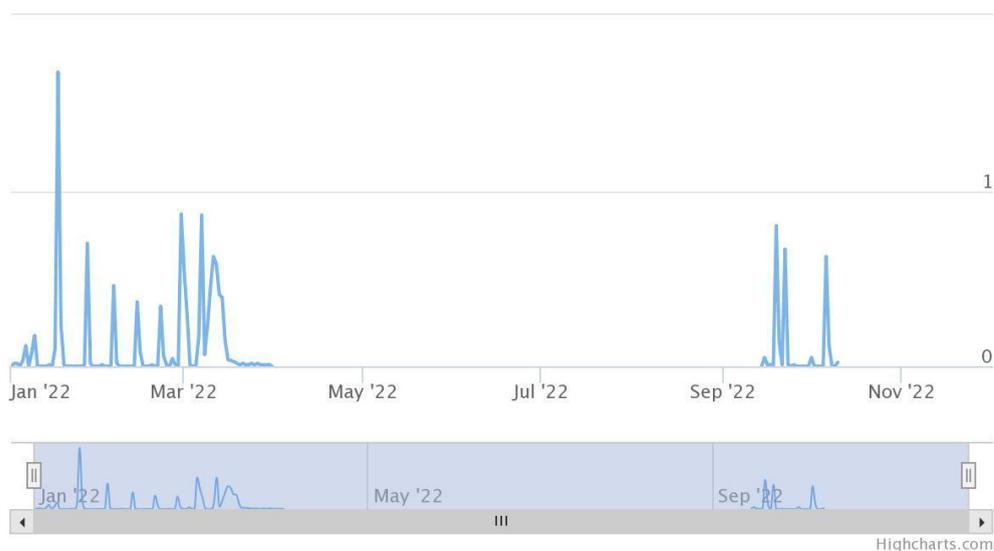
O clima do município de Três Cachoeiras é definido pelo tipo subtropical-úmido, apresentando a distribuição das temperaturas para verão e inverno, de acordo com as variações térmicas e pluviométricas (SCHUTZ, 2009).

Os biomas e as culturas agrícolas que se apresentam na região, são, em grande parte, uma expressão do clima. Se destacam no meio o bioma Mata Atlântica, com grande diversidade genética e florestas compostas por diversos estágios de sucessão, em uma região que apresenta bastante disponibilidade hídrica no verão e menor disponibilidade no inverno (Atlas Climático da Região Sul do Brasil, 2012).

A figura 12, ilustra a precipitação média anual do ano de 2022 da estação de controle mais próxima a área de estudo. É possível observar que as chuvas ocorrem sazonalmente com mais frequência nos meses quentes do ano, e nos meses de inverno a precipitação é muito pouca, em comparação aos meses de verão.

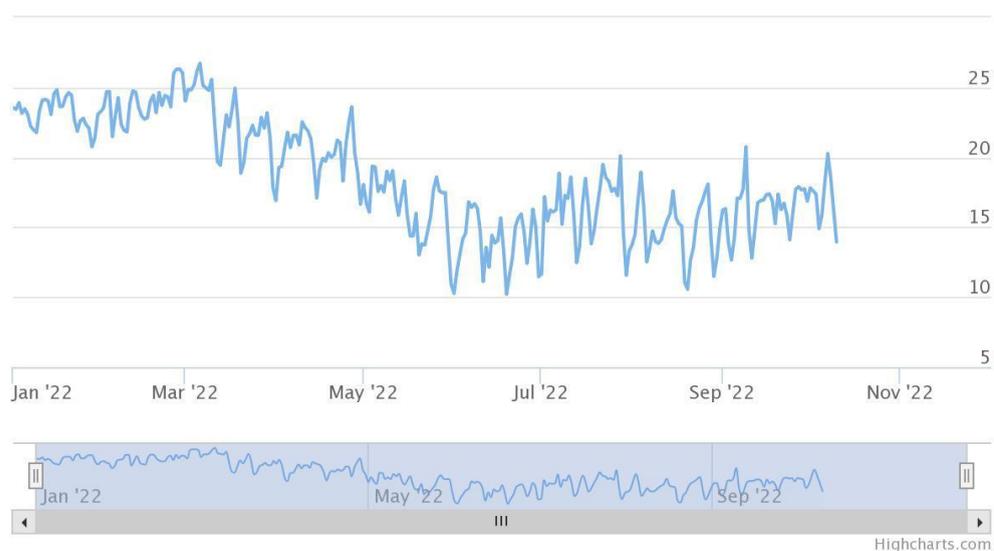
A Figura 13 mostra a temperatura média anual do município de Torres, em que se confirma a diferença de temperatura com a mudança das estações do ano, características do clima subtropical, onde o estado e região do estudo está inserido. Nos meses de Abril até Setembro, as temperaturas se apresentam mais baixas e a partir de Outubro começam a subir.

Figura 12: Gráfico da precipitação anual de Torres em 2022.



Fonte: INMET, 2022.

Figura 13 : Gráfico da temperatura média anual de Torres em 2022.



Fonte: INMET, 2022.

### 3.1.5 Características do cemitério

O cemitério municipal de Três Cachoeiras, localidade Morro Azul-RS, é caracterizado como horizontal, também conhecido como tradicional, ao ar livre, com vegetação nativa em volta. É constituído por dois tipos de estruturas de sepultamento, em sua maioria são túmulos e jazigos ao chão, com sepulturas estruturadas acima do nível do chão, a maioria como forma de homenagem à pessoa enterrada. O segundo tipo são as “capelas familiares” presentes na parte nova do cemitério, onde os corpos não têm contato com o solo, pois ficam em gavetas dentro das capelas, sem possível contaminação do meio. As figuras 14 e 15 mostram o cemitério de Morro Azul com os tipos de sepulturas. Os primeiros registros de sepulturas iniciou a partir do ano de 1991, visto que o cemitério teve início da construção no ano de 1990.

Figura 14: Ilustração atual da estrutura tumular do cemitério municipal.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

Figura 15: Visão geral dos túmulos em contato com o solo.



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

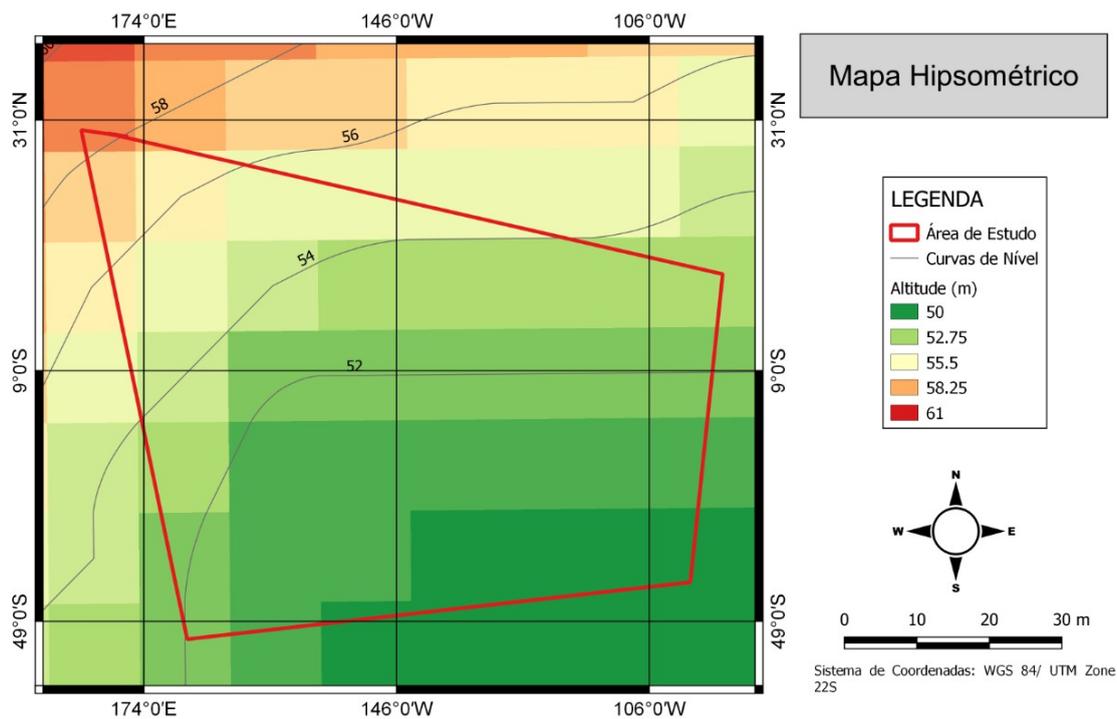
## **3.2 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE AMOSTRAS**

O procedimento de coleta de amostras de solo é baseado no roteiro da EMBRAPA do Manual de Métodos de Análise de Solo para análises de solo. O mesmo compreende as etapas: Plano de amostragem, local de amostragem e, por fim, preparo e identificação.

### **3.2.1 Plano de Amostragem**

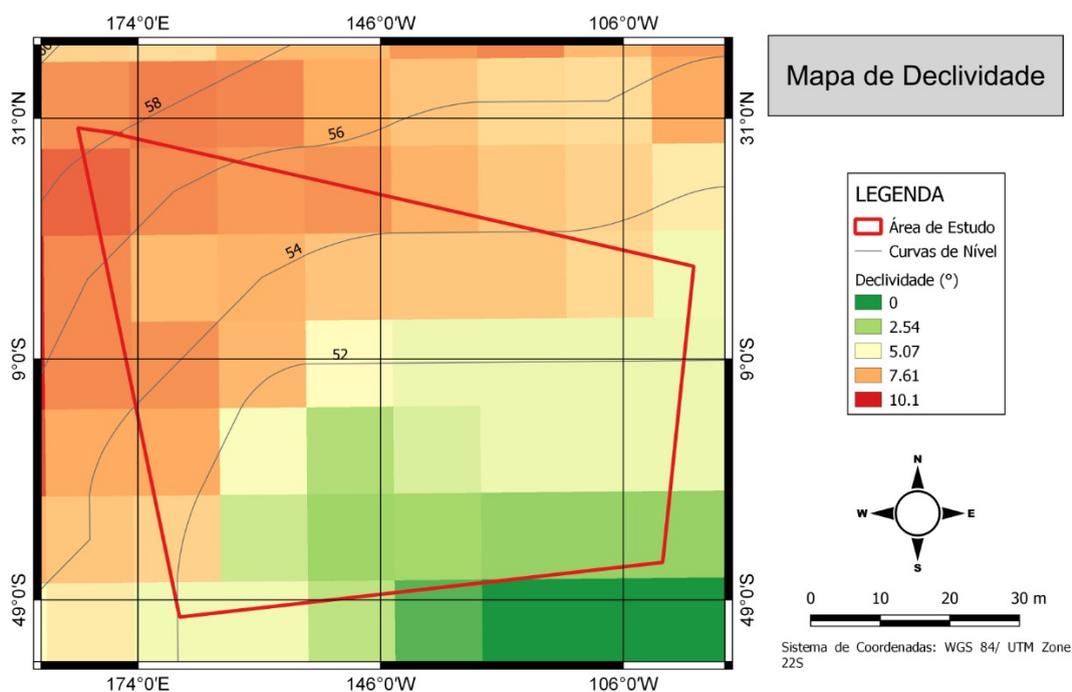
A inclinação do terreno é um fator determinante para saber onde a pluma de contaminação tende a seguir seu fluxo, pois sempre segue a declividade do terreno. As figuras 16 e 17, mostram as curvas de nível do terreno, bem como a declividade e altitude para que seja visível que os pontos controles escolhidos devem estar nas cotas acima dos pontos do cemitério, além dos pontos de amostra do cemitério seguirem uma orientação de acordo com a declividade do terreno.

Figura 16: Mapa de hipsometria da área do cemitério.



Fonte: Autor, 2023.

Figura 17: Mapa de declividade da área do cemitério.



Fonte: Autor, 2023.

A quantidade de pontos de coleta na malha de amostragem foi pensando a partir da identificação de possíveis fontes de poluição, bem como a necessidade de pontos de controle, para comparação. O plano escolhido tem o tipo de malha direcionada, com o total de seis pontos de coleta, sendo dois pontos de controle, para comparação, como mostra a figura 18.

### **3.2.2 Amostragem**

As amostras foram retiradas com o auxílio de um trado a gasolina da marca FORTGPRO FG9150 no dia 15 de novembro de 2022, conforme ilustrado na figura 19. A profundidade em que as amostras foram retiradas são de aproximadamente 1,5 metros, visto que precisam estar no nível dos caixões. A retirada do solo se deu com a raspagem das laterais e, principalmente, do fundo da perfuração para não ocorrer possível contaminação das lâminas do trado.

As amostras coletadas seguiram o manual de armazenamento da fundação ABC lab, para que não ocorra contaminação do solo. Cada ponto tem 500g de amostra retirada, sem compactação e são depositadas em sacos de lixos pretos limpos e secos, já identificados corretamente.

Figura 18: Pontos de coleta das amostras.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 19: Coleta dos pontos A e B.



Fonte: Autor, 2023.

### **3.3 ANÁLISES PARA INVESTIGAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁREA**

#### **3.3.1 Análises Físicas**

Neste tópico serão apresentadas as metodologias necessárias para se obter dados do solo, como granulometria e textura, como também a classificação.

##### **3.3.1.1 Granulometria**

A análise granulométrica visa à quantificação da distribuição por tamanho das partículas individuais de minerais do solo. A caracterização granulométrica foi realizada para identificação textural das amostras. É fundamental que se conheça a distribuição dos tamanhos de partículas.

O ensaio de granulometria a laser é um procedimento de alta tecnologia, utilizado em laboratórios especializados em análise granulométrica para determinar os tamanhos de partículas de materiais e seu intervalo de distribuição.

A metodologia utilizada para a realização desse procedimento é conhecida como difração a laser, o qual estabelece o comprimento de onda de luz específico de um material como um dos parâmetros principais para calcular a distribuição de tamanhos de partículas.

Sendo assim, os ensaios foram realizados no Laboratório de tratamento de Minérios (LATRAM), da UNIPAMPA, onde cada ponto de amostragem mais os controles foram peneirados na peneira de 2 mm, além de passar 24 horas em estufa para se obter Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), como mostra a figura 20. Logo, se fez a leitura com o equipamento chamado granulômetro a laser, da marca Microtrac, modelo S3500 SDC.

Esse ensaio leu apenas as frações abaixo de 2 mm, onde os resultados gerados são gráficos, mostrando a distribuição granulométrica de cada amostra e mais um arquivo “.txt” com dados complementares.

Figura 20: amostras na estufa do laboratório de solos da UNIPAMPA.



Fonte: Autor, 2022.

### 3.3.1.2 Classificação textural

A classificação textural de solos é de suma importância quando falamos sobre contaminação, pois a textura do solo é quem influencia na resistência do mesmo em diversos fatores do cotidiano, ressaltando a dinâmica com que poluentes percolam

pelo solo. A textura dos solos leva em conta os teores de partículas tamanho argila, silte e areia presentes na amostra.

A classificação do solo foi feita através do triângulo textural. Com base nos percentuais dos resultados obtidos das análises granulométricas laser, é possível identificar a classe dos solos estudados por meio da interseção das três linhas paralelas, no qual o encontro das mesmas ocorrerá em uma das figuras geométricas dentro do triângulo textural, indicando a classe do solo.

### **3.3.2 Análises Químicas**

Neste tópico, serão apresentadas as metodologias necessárias para se obter dados do solo referentes ao pH e composição química.

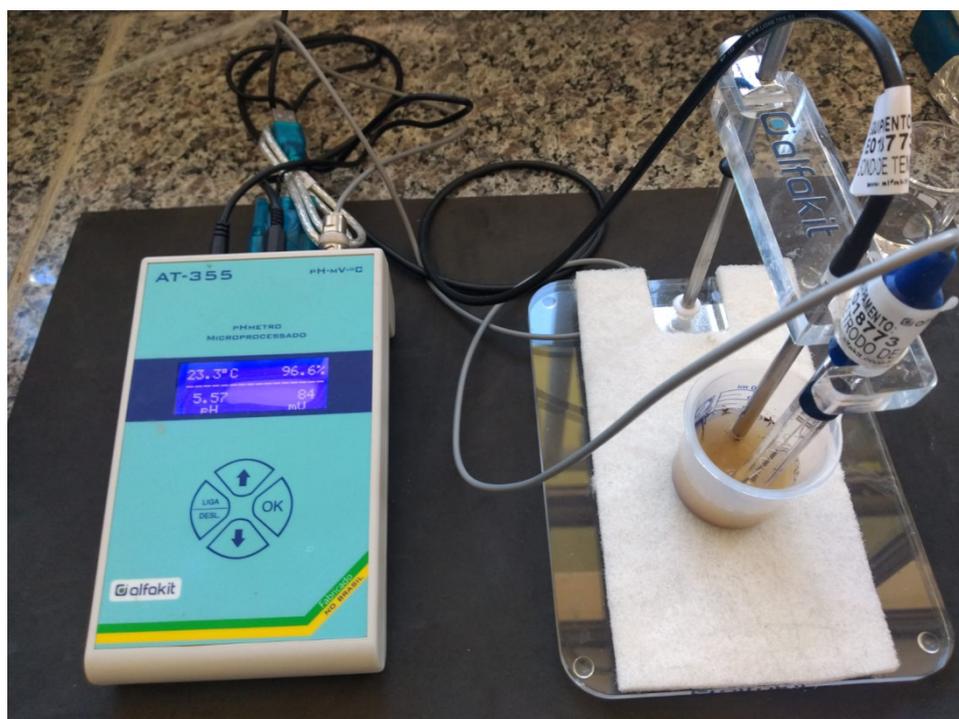
#### **3.3.2.1 pH**

O pH do solo é a determinação da concentração de íons  $H^+$  na solução do solo, que tem influência na disponibilidade de nutrientes. A medição do potencial hidrogeniônico ocorre por meio de eletrodo de vidro combinado imerso em suspensão de solo: líquido (EMBRAPA, 2017).

Para o procedimento experimental ter mais segurança, todas as amostras tiveram triplicatas, contabilizando o total de 18 amostras. Cada amostra foi peneirada em malha de 2mm e, em seguida, foram pesadas na balança analítica 10 gramas de cada ponto, com suas duplicatas, e foram em beakers para a estufa por 24 horas, a 45 graus celsius. Após 24 horas, todo material foi retirado da estufa.

Foram adicionados 25 ml de água destilada em cada becker e agitados com bastão de vidro individual por cerca de 60 segundos, e depois da agitação foi deixado 1 hora em repouso. Após esse período, se agitou ligeiramente cada amostra, mergulhando os eletrodos na suspensão homogeneizada e feita a leitura do pH, como mostra a figura 21. Cada amostra foi medida três vezes no equipamento, e as proporções foram realizadas por meio do programa Microsoft EXCEL, com a média ponderada dos resultados.

Figura 21: Medida de pH de amostra.



Fonte: Autor, 2022.

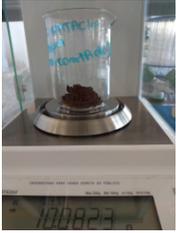
### 3.3.2.2 FRX- quantificação de elementos químicos no solo

Para determinação de elementos químicos presentes no solo, utilizaram-se as amostras dos seis pontos e todas tiveram triplicatas. Em seguida, foram pesadas na balança de precisão 10 gramas de cada amostra, ilustrado na figura 22 .

Todas as amostras foram colocadas em beckers e, em seguida, levadas à estufa por 24 horas, a 45 graus celsius. Logo, todas as amostras foram peneiradas com a peneira de malha 2 mm. O material denominado TFSA foi analisado num espectrômetro de fluorescência de raios X da marca BRUKER, de modelo S1 TURBO SD, por tempo médio de 120 segundos. Os resultados finais foram entregues por meio de uma planilha de porcentagem, e uma em ppm (parte por milhão).

Após o resultado das triplicadas, se fez o uso do programa Microsoft EXCEL, para o cálculo da média ponderada das triplicatas dos elementos encontrados na análise do FRX.

Figura 22: Pesagem das amostras na balança analítica.

Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem A	Pesagem B	Pesagem C	Pesagem D
					
					

Fonte: Autor, 2022.

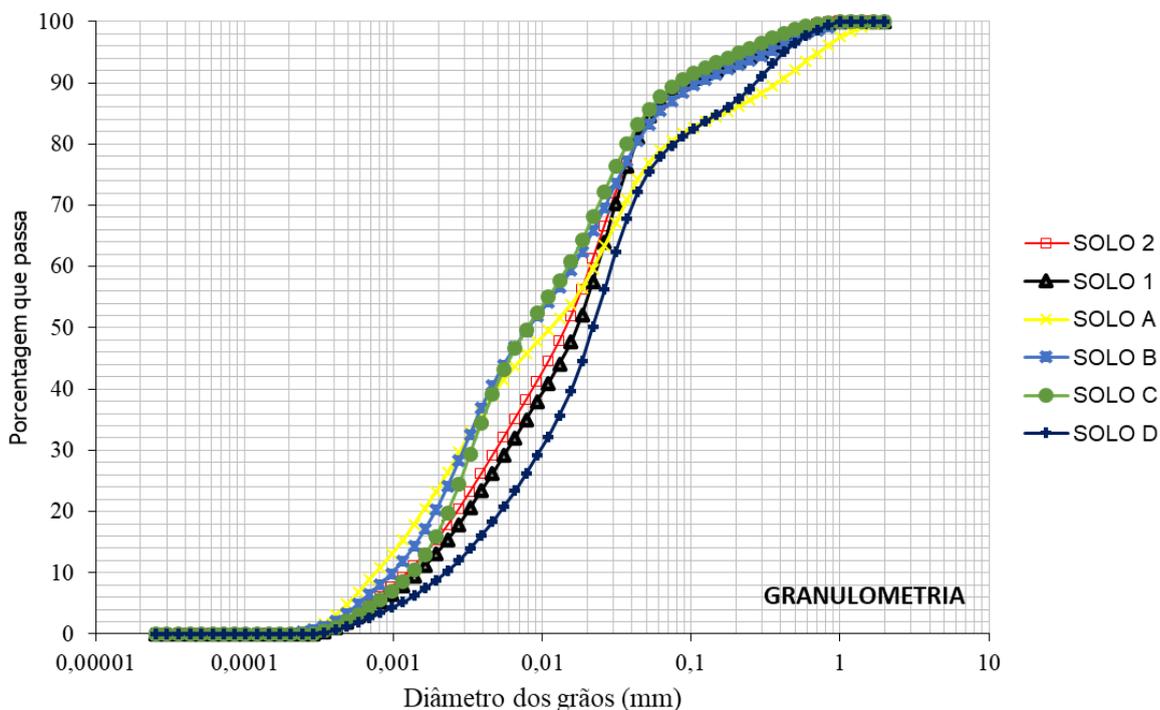
## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste tópico, serão apresentados os resultados referentes à caracterização do solo, granulometria e textura, ensaios de espectrometria de fluorescência, análise individualizada por ponto amostrado e quantificação de elementos químicos no solo.

### 4.1 Resultados da Análise granulométrica e textural

A figura 23 ilustra o resultado das análises granulométricas realizadas para os solos coletados no local de estudo. Com estes resultados, pode-se analisar a textura do solo e caracterizá-lo, que é de suma importância neste trabalho. A porcentagem de cada um (argila, silte e areia) interfere diretamente no potencial de filtragem e percolação do meio.

Figura 23: Gráfico de granulometria das amostras.



Fonte: Autor, 2023.

A granulometria do solo interfere diretamente no processo de contaminação do meio. Os solos argilosos, caracterizados pela EMBRAPA (2018), por ter o teor de

argila acima de 35%, e apresentarem alto poder de floculação, baixa permeabilidade e grande capacidade de reter água, além de atuar como um filtro natural para contaminantes, pois o solo mais argiloso possui granulação bem menor, conseqüentemente aumentam sua área superficial, permitindo que as moléculas do contaminante fiquem retidas (CARNEIRO, 2008; ALCÂNTARA, 2010).

Os solos arenosos têm teores de areia superiores a 70%, com boa aeração e baixa capacidade de reter água. São solos constituídos de granulação grossa e área superficial menor, o que significa que não apresentam capacidade de reter os contaminantes (EMBRAPA, 2018).

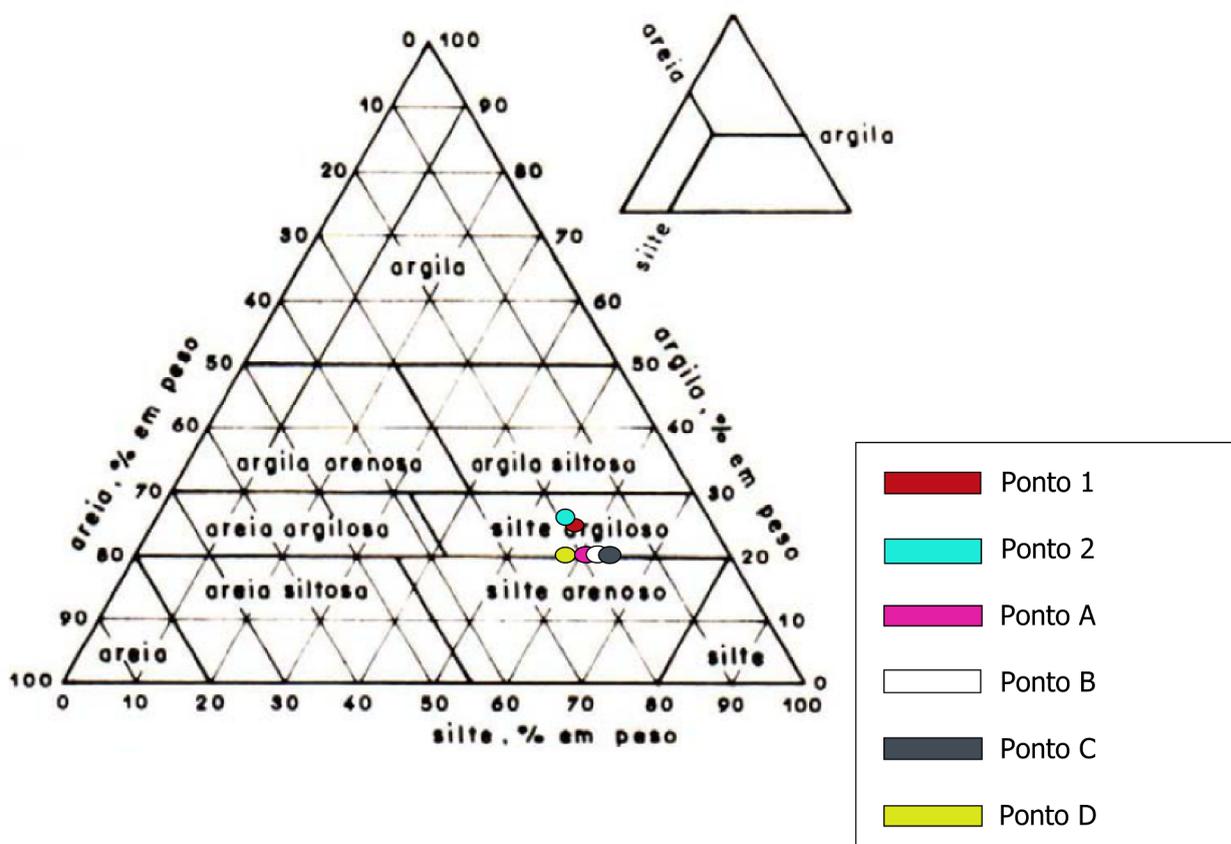
A figura 24 apresenta os resultados dos cálculos em porcentagem da textura das amostras de solo coletadas, onde os pontos A, B, C e D, que se localizam dentro do cemitério, nas zonas mais usadas para sepultamentos, atualmente, têm o tipo de solo denominado Silte argiloso, com porcentagem de argila dos quatro pontos com média de 20%.

Nos pontos de controle 1 e 2, a porcentagem de argila presente é de média de 21%, também é caracterizado como silte argiloso.

FERREIRA et al (2021) afirma que para o solo ter condições de drenagem do contaminante ou atue como filtro, é necessário que o solo tenha a porcentagem mínima de pelo menos 20% a 40% de argila em sua composição.

Com base no apontamento de Ferreira et al (2021), para se obter uma filtração e drenagem de contaminantes, o solo presente precisa de um teor mínimo de 20% de argila. O triângulo textural mostrado na figura 24 apresenta todos os pontos na média de 20% de argila presente no solo. Isso significa que o solo tem capacidade de reter os contaminantes presentes no cemitério, pois tem uma área superficial, que não permite a percolação do necrochorume até grandes profundidades de solo, que o retém e o filtra mais perto da superfície. A característica textural, aliada a outras questões físicas e químicas do solo, são fatores determinantes para que o contaminante chegue às águas subterrâneas.

Figura 24: Triângulo Textural das amostras de solo



Fonte: Autor, 2023.

## 4.2 Resultados pH

A análise do pH do solo é determinante para indicar a capacidade de metais presentes no solo de se solubilizar. Rocha (2000) diz que um solo considerado saudável tem seu pH em torno de 5,0 a 6,5. Os baixos níveis de pH podem indicar a capacidade de condução de poluentes que possuem elevadas concentrações de metais. Embora a solubilidade dos metais depende da forma em que esses se encontram no solo, o pH é uma das características do solo que mais afeta a solubilidade. À medida que o pH aumenta, a solubilidade do, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn e do, diminui, enquanto que As, Cd, Cr, Mo e Se se tornam solúveis (BERTON, 2000).

A tabela 2 apresenta os números de pH encontrados nos pontos de coleta do estudo.

Tabela 2: Medidas de pH obtidas.

	Controle 1	Controle 2	Ponto A	Ponto B	Ponto C	Ponto D
Média pH	5,62	5,61	4,78	4,86	4,85	5,66

Fonte: Autor, 2023.

A contaminação é proveniente da percolação do necrochorume, que derivado da presença de compostos de nitrogênio e fósforo e de sais, e também pode ocorrer presença de óxidos metálicos como: Ti, Cr, Cd, Pb, Fe, Mn, Ni. que são lixiviados de adereços das urnas mortuárias, caixões, além de patógenos associados a mortes por doença infectocontagiosa (SILVA; FILHO, 2009).

A tabela 2 mostra que o pH dos pontos 1, 2 e D estão dentro dos valores de referência descritos por Rocha (2000), ou seja, dentro da normalidade com valores entre 5,61 a 5,66. Já os pontos A, B e C apresentam um teor mais ácido em relação às demais amostras com valores de pH de 4,78, 4,86 e 4,85 respectivamente.

Os baixos níveis de pH, como os do ponto A, B e C, segundo Ferreira et al (2021), podem indicar a capacidade de condução de poluentes que possuem elevadas concentrações de metais como cádmio, cobre, cromo além de alumínio que são comumente usados em caixões e jazigos.

### 4.3 Resultados na análise de FRX

A análise de espectrometria de fluorescência é utilizada para identificação e quantificação de elementos químicos presentes nas amostras analisadas. A mesma apresenta a concentração dos metais presentes no solo coletado, as concentrações dos metais relevantes para o estudo de contaminação estão presentes neste tópico juntamente com os valores de referência para comparativo, que são propostos pela CONAMA nº420/2009 (Brasil, 2009). As demais concentrações de elementos sinalizados na análise de FRX estão disponíveis no Anexo A.

Os valores de referência propostos pela CONAMA nº420/2009 (Brasil, 2009) para os metais analisados estão presentes na Tabela 3. Os elementos bário, cobalto e chumbo não foram detectados na análise de FRX.

Tabela 3: Valores de referência para solos.

<b>Metal</b>	<b>Valor de referência para solo em mg.kg-1</b>
Bário	150
Cádmio	1,3
Chumbo	72
Cobalto	25
Cobre	60
Cromo	75
Molibdênio	30

Fonte: Adaptado de CONAMA nº 420/2009 (Brasil, 2009).

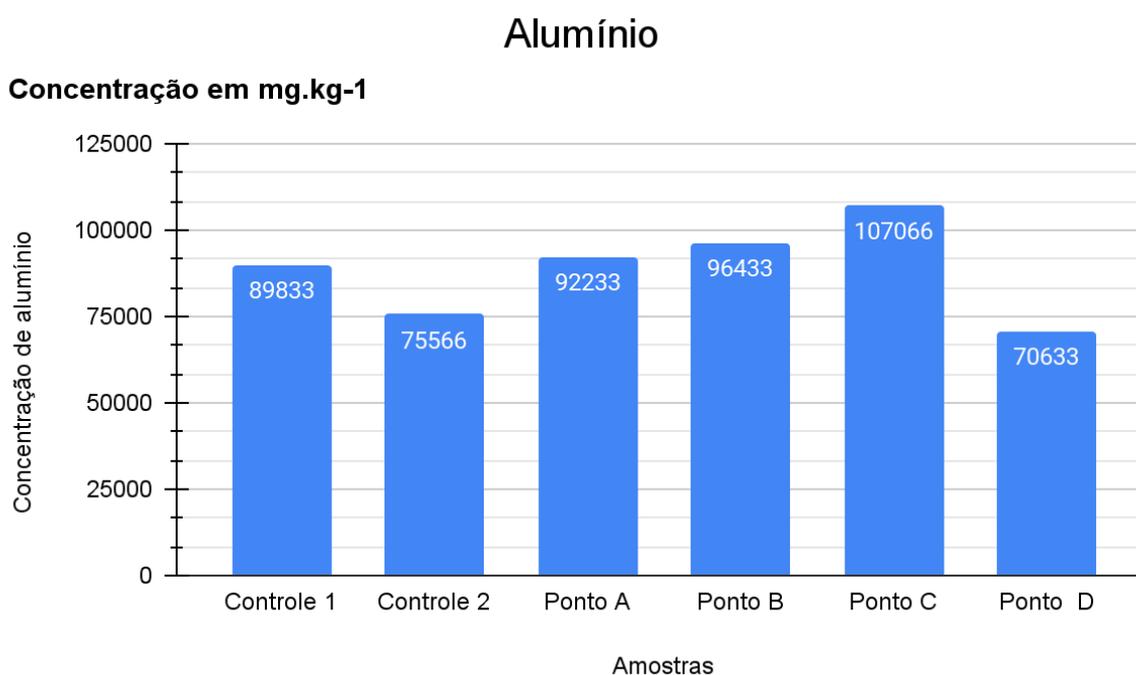
#### 4.3.1 Alumínio

A figura 25 mostra o gráfico de concentração de alumínio encontrado na área do cemitério e nos pontos de controle, onde é visível uma concentração alta, com os controles tendo valores de 89.833 mg.kg<sup>-1</sup> e 75.566 mg.kg<sup>-1</sup>, e os pontos dentro do cemitério com valores de; A: 92.233 mg.kg<sup>-1</sup>; B: 96.433 mg.Kg<sup>-1</sup>; C: 107.066 mg.kg<sup>-1</sup> e D: 70.633 mg.kg<sup>-1</sup>. SOUZA et al. (2008) afirmam que solos brasileiros, em sua maioria, são velhos e intemperizados, apresentando acidez e elevados teores de alumínio. O cemitério se encontra em uma região da formação serra geral e tem solo Nitossolo vermelho eutrófico, que tem por característica solos vermelho, ácido e com teores elevados de alumínio, com texturas silte argilosa.

Kemerich e Silva (2014), afirmam que o Alumínio é um dos principais constituintes da crosta terrestre e tem como concentrações nas rochas de 4.500 mg.kg<sup>-1</sup> a 100.000 mg.kg<sup>-1</sup>, além de ser um dos componentes estruturais dos argilominerais, que tem características de formarem a família de minerais acessórios, aluminossilicatos, hidratados, de diâmetros inferiores a 2 microns.

Em solos com pH entre 5 e 9, o alumínio apresenta baixa solubilidade. Quando o pH do solo é menor que 5, a solubilidade do alumínio aumenta e com isto o cátion de Al<sup>3+</sup> competirá com os cátions de outros elementos pelos locais de troca catiônica nos argilominerais e na matéria orgânica (ROJAS, 2012).

Figura 25: Gráfico de concentração do alumínio dos pontos coletados.



Fonte: Autor, 2023.

Os autores Kemerich e Silva (2014) apresentam concentrações em sedimentos argilosos entre 72.000 mg.kg<sup>-1</sup> até 100.000 mg.kg<sup>-1</sup>, porém não apresentam concentrações em diferentes tipos de solos. Considerando estes números como base, o ponto C, é o único que ultrapassa 100.000 mg.kg<sup>-1</sup> e não se enquadra na faixa de concentração citada por ter uma concentração de 107.066 mg.kg<sup>-1</sup>. O ponto D é o único ponto que tem sua faixa de concentração menor que 72.000 mg.kg<sup>-1</sup>, com a concentração de 70.633 mg.kg<sup>-1</sup>, os demais pontos 1; 2; A e B estão dentro da faixa proposta pelos autores.

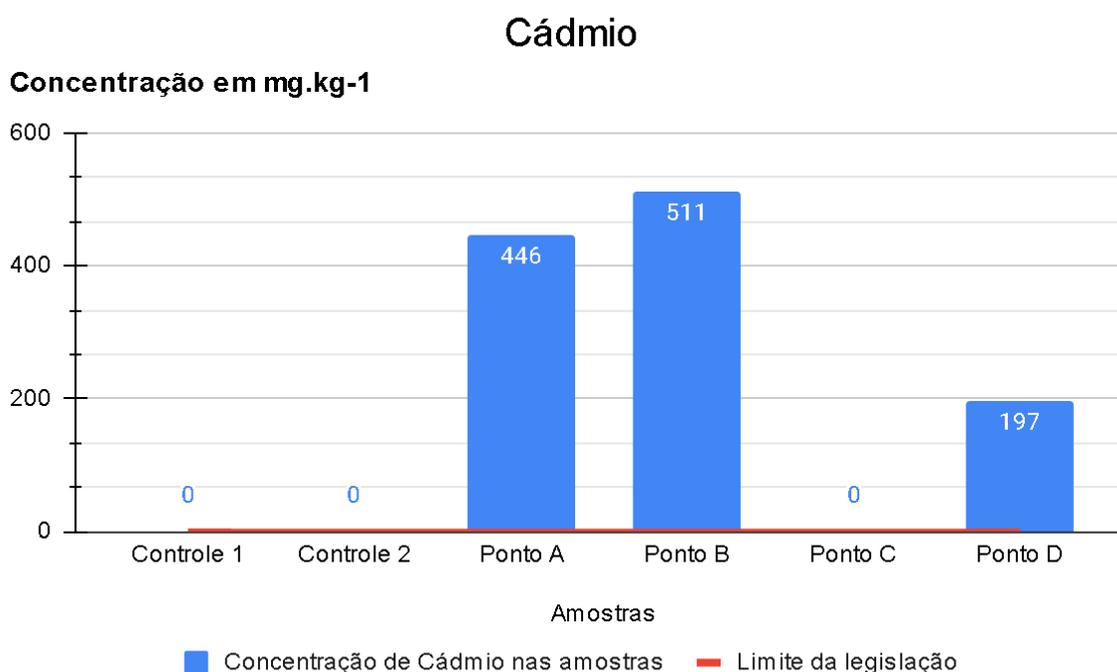
Drever (1997) e Kemerich (2014) relatam que a CONAMA 420/2009 é a resolução que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e também estabelece as diretrizes necessárias para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas, mas ainda não fixou valores de referência para Alumínio e Ferro em solos do país. É importante destacar que a faixa de variação destes dois elementos em rochas como os basaltos, granitos, folhelhos, arenitos sua concentração aparece como elementos maiores .

### 4.3.2 Cádmi

A figura 26 apresenta o gráfico de concentração do cádmio encontrado na área de estudo, onde é visível um contraste de valores de concentração, com os controles 1 e 2 tendo valor 0, não apresentam o elemento nas amostras, e o pontos dentro do cemitério com valores de; A: 446 mg.kg<sup>-1</sup>; B: 511 mg.kg<sup>-1</sup>; C: 0 e D: 197 mg.kg<sup>-1</sup>. O valor limite para o cádmio no solo é determinado pela CONAMA 420/2009, onde o máximo aceitável para prevenção é de mg.kg<sup>-1</sup>.

Rojas (2012) afirma que a química do cádmio depende do pH do meio. Em condições ácidas a solubilidade do Cd aumenta, e a sua adsorção nos argilominerais do solo, nos óxidos hidratados e na matéria orgânica é baixa. Para valores de pH maiores que 6,0, o cádmio é adsorvido pelo solo ou é precipitado, reduzindo consequentemente as concentrações de cádmio.

Figura 26: Gráfico de concentração do cádmio dos pontos coletados.



Fonte: Autor, 2023.

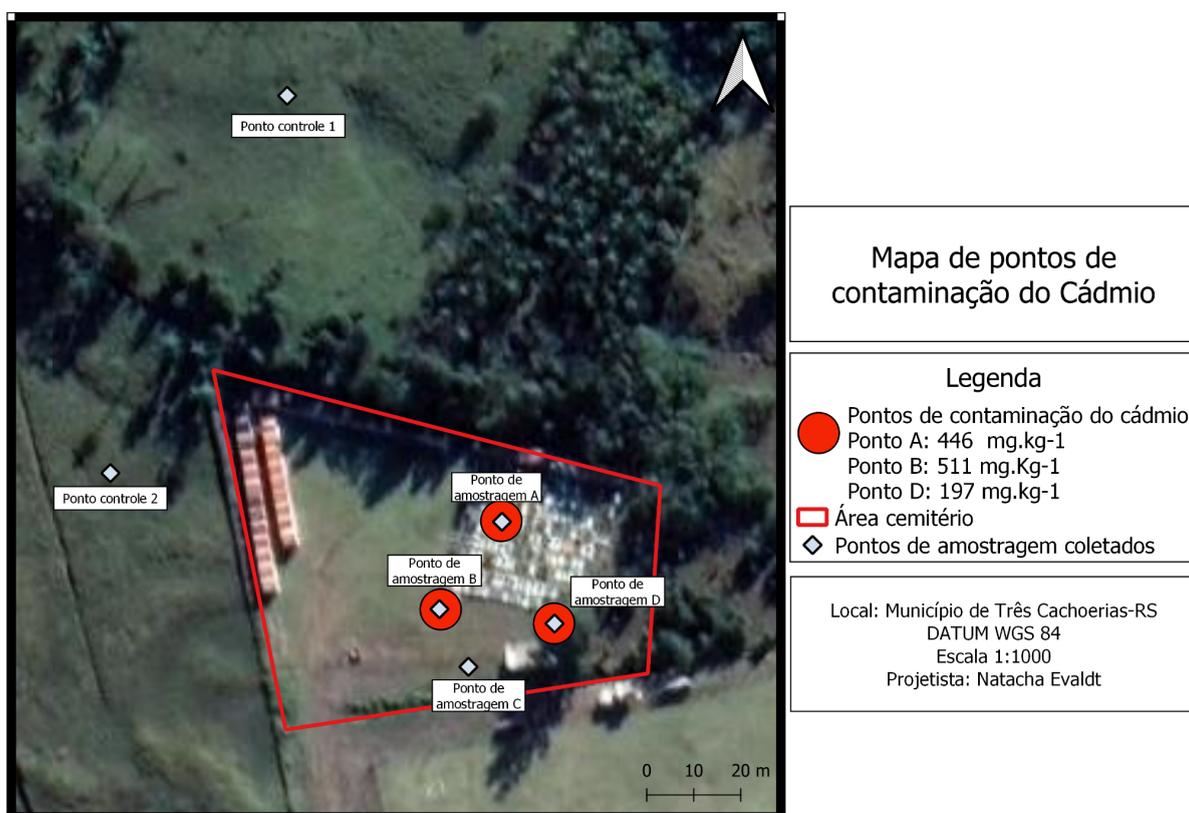
Os pontos controles dentro do esperado, não apresentaram valores de cádmio no solo. O ponto C não teve valores detectados, muito possivelmente porque dependendo do quarteamento da amostra, ou o peneiramento da mesma, o laser

não lê o elemento. Não foi possível realizar novas análises do solo para investigação mais precisa, pois não se teve autorização dos proprietários para nova coleta de amostras.

Os pontos A, B e C apresentaram grandes valores de cádmio, levando em conta que o valor determinado pela legislação é de  $1,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ , e os pontos obtiveram números de A:  $446 \text{ mg.kg}^{-1}$ ; B:  $511 \text{ mg.kg}^{-1}$  e D:  $197 \text{ mg.kg}^{-1}$ . É perceptível uma contaminação evidente no solo, valores 393% maiores do que o permitido. O pH do solo é ácido e, como citado por Rojas (2012), o elemento se solubiliza com mais facilidade no meio. A contaminação do cádmio é, possivelmente, proveniente dos adereços e peças usadas na fabricação de caixões que contém diversos metais e ligas metálicas.

A figura 27 apresenta o mapa de pontos onde se apresentam concentrações do elemento cromo dentro da área de estudo.

Figura 27: Mapa de pontos das concentrações de cádmio no cemitério.



Fonte: Autor, 2023.

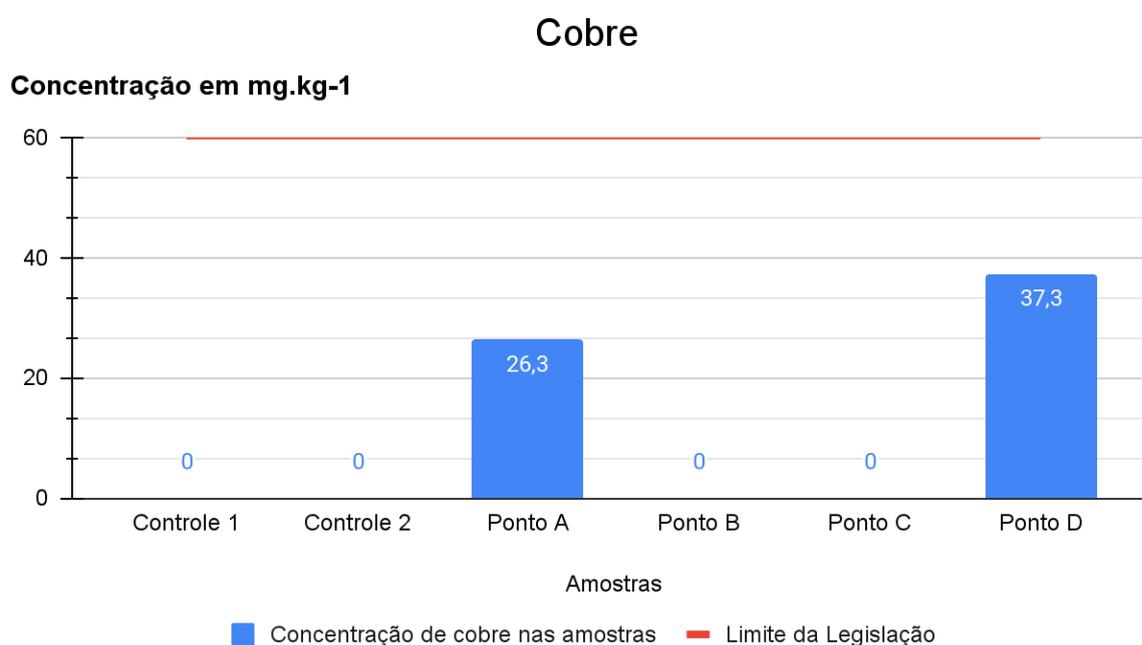
### 4.3.3 Cobre

A figura 28 mostra o gráfico de concentração do cobre encontrado na área do cemitério e nos pontos de controle, onde é visível uma concentração baixa do elemento, com os controles 1 e 2 não tendo valores de cobre presentes no solo, e os pontos dentro do cemitério com valores de; A: 26,3 mg.kg<sup>-1</sup>; B: 0; C: 0 e D: 37,3 mg.kg<sup>-1</sup>. A legislação CONAMA 420/2009 define que para valores de investigação referentes ao solo, o valor máximo de cobre que o solo pode conter é de 60 mg.kg<sup>-1</sup> nas amostras analisadas.

O cobre pode ser encontrado na natureza na forma elementar ou na forma de sais, na crosta terrestre ou nos oceanos. A quantidade de cobre encontrada no corpo humano varia de 100 a 150 mg, e sua ingestão diária está entre 2 e 3 mg (KEMERICH, 2012). Os valores de cobre que são encontrados no solo são de 2 a 100 mg.kg<sup>-1</sup>, já na água potável a concentração deve ser entre 0,01 a 1 mg L<sup>-1</sup>. O cobre também é considerado um elemento fitotóxico, isso porque é mais tóxico para plantas do que para animais (MARQUES et al., 2003).

Os valores de concentração encontrados nos pontos A e B estão dentro da normalidade perante a faixa de limite determinada pela legislação, e também conferem com a faixa de concentração indicada por Marques et al (2003).

Figura 28: Gráfico de concentração do cobre dos pontos coletados.



Fonte: Autor, 2023.

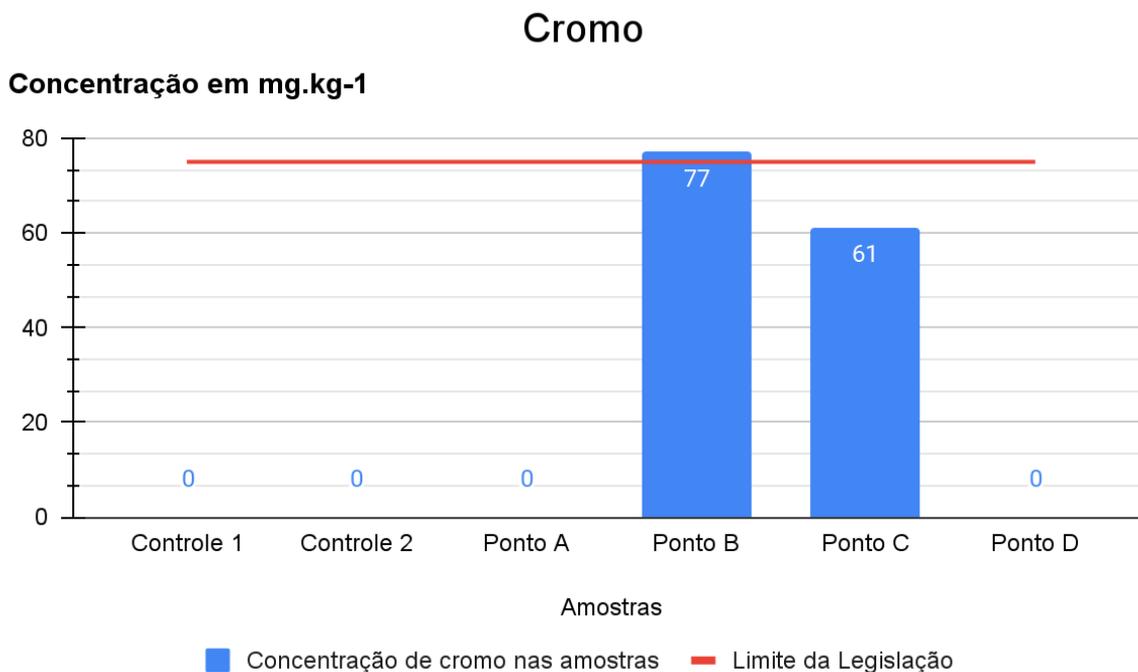
#### 4.3.4 Cromo

A figura 29 mostra o gráfico de concentração do cromo encontrado na área de estudo, onde é visível um contraste de valores de concentração, com os controles 1 e 2 tendo valor 0, não apresentam o elemento nas amostras, e os pontos dentro do cemitério com valores de; A: 0; B: 77 mg.kg<sup>-1</sup>; C: 61 mg.kg<sup>-1</sup> e D: 0. O valor limite para o cromo no solo é determinado pela CONAMA 420/2009, onde o máximo aceitável para prevenção é de 75 mg.kg<sup>-1</sup>.

Berton (2000) cita que elementos como o cromo, quando em pH se acidifica, há uma tendência de solubilização no meio. Nos pontos controles não foram identificados valores do elemento no solo. Nos pontos A e D, também não houve leitura pelo FRX de cromo. Nos pontos C a concentração é de 61 mg.Kg<sup>-1</sup>, dentro das conformidades que a legislação determina. O ponto B tem 77 mg.kg<sup>-1</sup>, e o limite da CONAMA 420/2009 é 75 mg.kg<sup>-1</sup>. A concentração do ponto B é levemente maior que o permitido para prevenção pela legislação, o que não caracteriza em uma contaminação de grande porte evidente, porém é um ponto a ser monitorado. Para Kemerich (2014), o cromo é um elemento traço essencial encontrado naturalmente

no solo, mas também pode ser tóxico para o ser humano, se encontrado em altas concentrações.

Figura 29: Gráfico de concentração do cromo dos pontos coletados.



Fonte: Autor, 2023.

A figura 30 apresenta o mapa de pontos onde se apresentam concentrações do elemento cromo dentro da área de estudo.

Figura 30: Mapa de pontos das concentrações de cromo no cemitério.



Fonte: Autor, 2023.

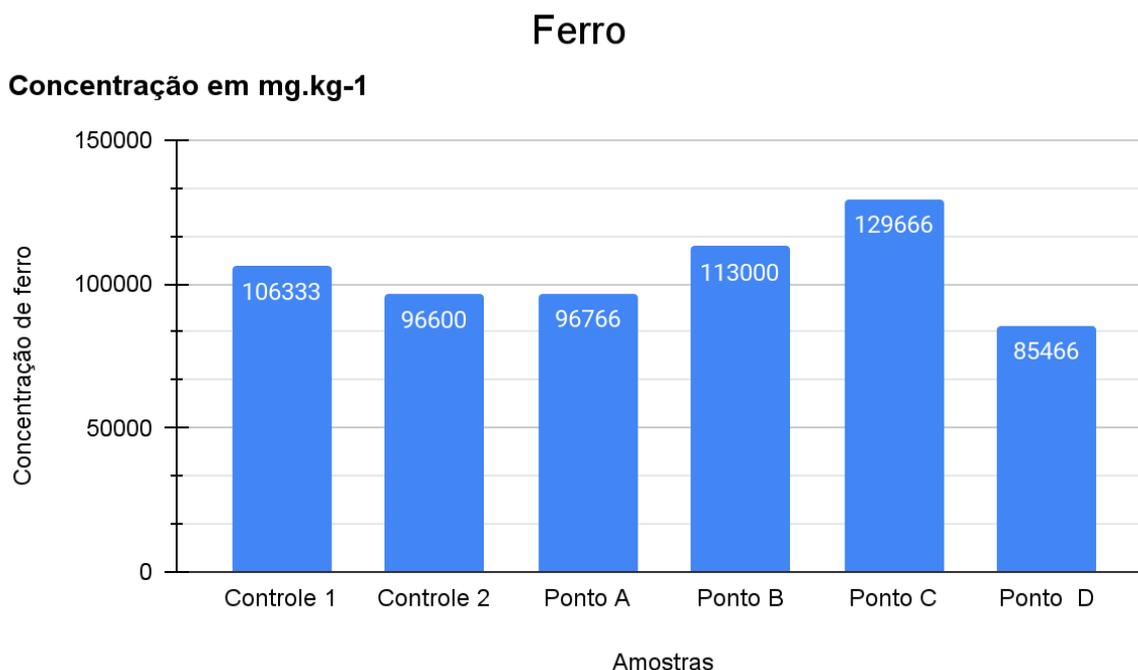
#### 4.3.5 Ferro

A figura 31 mostra o gráfico de concentração do ferro encontrado na área do cemitério e nos pontos de controle, onde é visível uma concentração alta do elemento, com os controles 1 e 2 tendo valores de  $106.333 \text{ mg.kg}^{-1}$  e  $96.600 \text{ mg.kg}^{-1}$  respectivamente, e os pontos dentro do cemitério com valores de; A:  $96.766 \text{ mg.kg}^{-1}$ ; B:  $113.000 \text{ mg.kg}^{-1}$ ; C:  $129.666 \text{ mg.kg}^{-1}$  e D:  $85.466 \text{ mg.kg}^{-1}$ . A região onde o cemitério está inserido é característica por ter um solo com alta concentração de alumínio e ferro, por ser basalto e estar dentro da formação serra geral.

Kemerich e Silva (2014) discorrem que o Ferro é um dos principais constituintes da Litosfera, compreende cerca de 5%, sendo concentrado, principalmente, em rochas ígneas máficas, como exemplo as rochas basálticas, as rochas máficas. O basalto tem uma faixa de variação de  $37.000 \text{ mg.kg}^{-1}$  a  $59.000 \text{ mg.kg}^{-1}$ , e para sedimentos argilosos uma faixa de variação de  $33.000 \text{ mg.kg}^{-1}$  a  $47.000 \text{ mg.kg}^{-1}$ , porém não citam uma faixa de variação para os diferentes tipos de

solos. A geoquímica do Ferro é muito complexa em ambientes terrestres e é largamente determinada pela facilidade de mudança de seus estados de valência em resposta às condições físico-químicas do meio.

Figura 31: Gráfico de concentração do ferro dos pontos coletados.



Fonte: Autor, 2023.

Considerando os valores de referência de 37.000 mg.kg<sup>-1</sup> a 59.000 mg.kg<sup>-1</sup>, é possível determinar que todos os pontos de coleta estão acima da faixa determinada pelos autores. O ponto D, sendo o mais próximo ao valor máximo de referência citado, com a concentração de 85.466 mg.kg<sup>-1</sup>, e a maior concentração encontrada nas amostras é no ponto C, com concentração de 129.666 mg.kg<sup>-1</sup>.

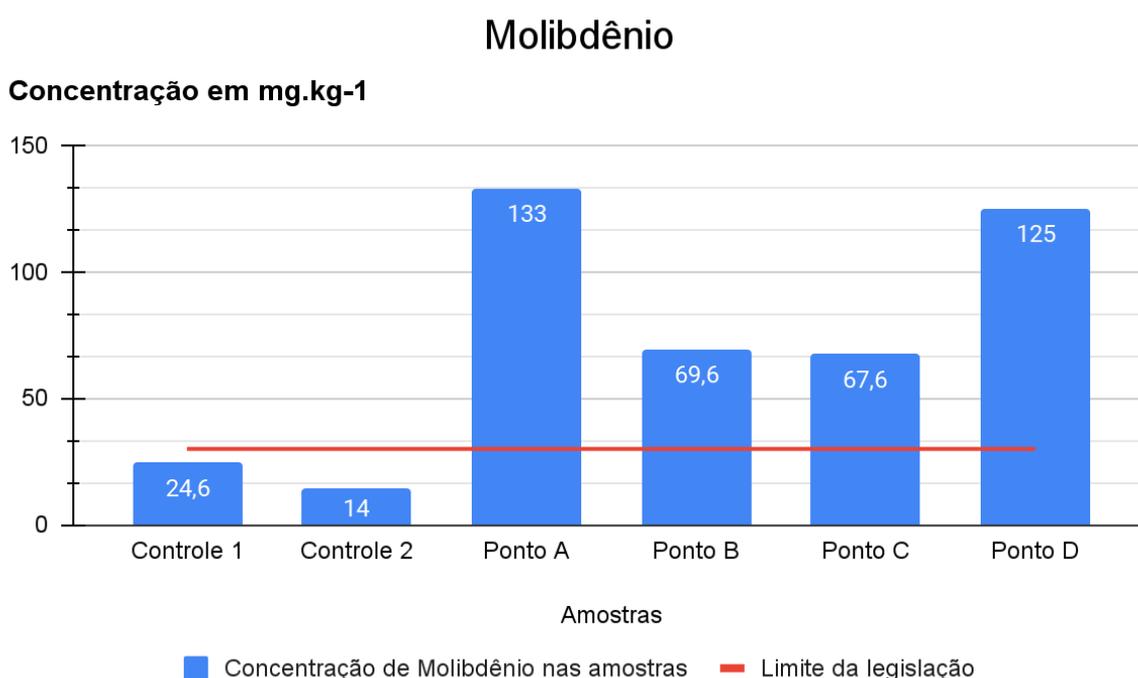
Como citado no tópico 4.3.1, a legislação, ainda, não tem a quantidade fixada para os valores de referência para Alumínio e Ferro em solos do país, por conta da grande variedade de concentrações nos tipos de rochas e solos. Portanto, não há como definir se no solo há contaminação dos elementos Alumínio e Ferro.

### 4.3.6 Molibdênio

A figura 32 mostra o gráfico de concentração do Molibdênio encontrado na área de estudo, onde é visível um contraste de valores de concentração, com os controles 1 e 2 tendo valor de 24,6 mg.kg<sup>-1</sup> e 14 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente. Não apresentam valores fora do limite estabelecido pela norma, e os pontos dentro do cemitério com valores de; A: 133 mg.kg<sup>-1</sup>; B: 69,6 mg.kg<sup>-1</sup>; C:67,6 mg.kg<sup>-1</sup> e D: 125 mg.kg<sup>-1</sup>. O valor limite para o molibdênio no solo determinado pela CONAMA 420/2009 e o máximo aceitável para prevenção é de 30 mg.kg<sup>-1</sup>.

Nota-se que a presença do cemitério eleva a quantidade de Molibdênio no solo, a ponto de extrapolar o limite proposto pela normatização em até 5 vezes, comparada com o controle 1 que apresenta a maior concentração do metal entre os pontos controles. O molibdênio é muito usado em ligas metálicas para confecção de adereços de caixão junto com alumínio e também na produção de jazigos. Vale ressaltar que esse foi o metal que mais se fez presente nos dados de Fluorescência de Raio-X (FRX) e comparado ao cádmio, cobre e cromo, este metal foi o único presente nos pontos controles.

Figura 32: Gráfico de concentração do molibdênio dos pontos coletados.

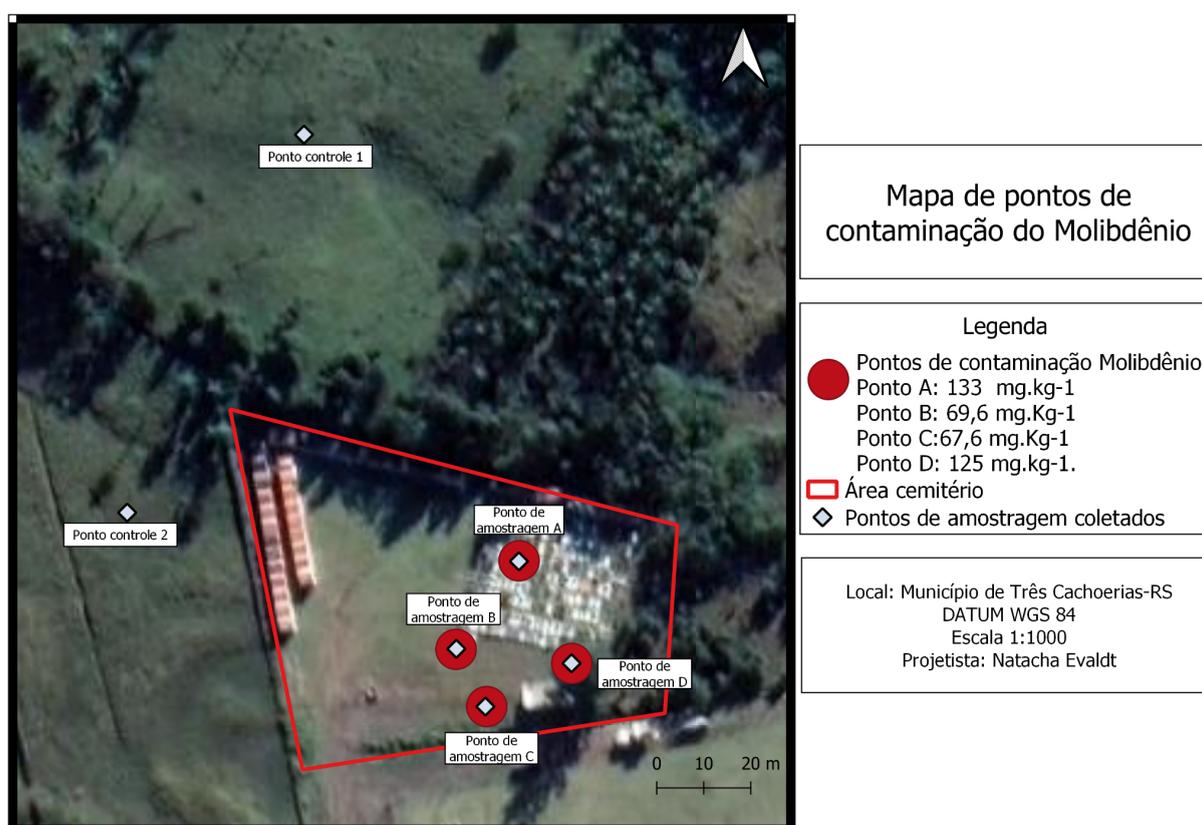


Fonte: Autor, 2023.

O molibdênio é um metal largamente utilizado em fertilizantes para a agricultura, isso explica a presença do metal nos grupos controles. Visto que, os pontos se encontram nas proximidades de áreas de agricultura familiar com adubação constante.

A figura 33 apresenta o mapa de pontos onde se apresentam concentrações do elemento molibdênio dentro da área de estudo.

Figura 33: Mapa de pontos das concentrações de molibdênio no cemitério.



Fonte: Autor, 2023.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cemitério de Morro Azul, em Três Cachoeiras, nunca teve um estudo prévio quanto ao solo, geologia e parâmetros necessários para saber se o local é de fato apropriado para enterros. O mesmo estudo teve como foco a investigação de contaminação dos jazigos dispostos sem cuidado necessário no solo. Com a metodologia aplicada e baseada em outros trabalhos de investigação de contaminação em cemitérios, os resultados obtidos e sua respectiva interpretação, conclui-se que:

- O cemitério tem contaminação de cádmio, molibdênio e cromo. A contaminação desses metais especificamente no solo é mais acentuada, visto que a literatura mostra que esses elementos se solubilizam em solos mais ácidos. A análise de pH mostra que, segundo a literatura, os pontos controles apresentam o pH considerado normal em um solo saudável (entre 5,0 a 6,5). E que os pontos dentro do cemitério possuem pH menores que 5, ou seja, levemente acidificado, fazendo com que os elementos citados tenham mais facilidade de gerar pluma de contaminação.
- O cádmio possui o valor de  $1,3 \text{ mg.kg}^{-1}$  como sendo seu valor de referência. Para os pontos controles não foi encontrado valor para o metal, como o esperado. Em contrapartida, para os pontos de análises dentro do cemitério, foram encontrados valores até 393% maiores que o legalizado. Valores extremamente preocupantes em comparação com a normativa, visto o potencial tóxico que o elemento apresenta.
- O cromo possui uma limitação na norma de  $75 \text{ mg.kg}^{-1}$ , nos pontos em análises foi encontrado uma pequena extrapolação da normativa no Ponto B de exatos  $2 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Uma sobreposição não muito preocupante como em comparação ao cádmio. E o ponto C que constatou a presença do metal, dentro das normas.
- Molibdênio possui  $30 \text{ mg.kg}^{-1}$  como seu valor máximo de referência, para os pontos analisados, apenas os pontos controles estavam abaixo do limite permitido. Constatando, então, que a presença do cemitério elevou os valores desse metal no solo.
- O tipo de solo e a geologia também é de fundamental importância para esta investigação, pois o território que o cemitério está inserido faz parte da

formação Serra Geral, que tem como características os basaltos que possuem grandes concentrações de Ferro e Alumínio na sua formação.

- O solo é do tipo Nitossolo vermelho que tem por característica ser ácido, com Alumínio e Ferro na sua formação e, com isso, uma coloração avermelhada, o que confirma os valores de pH e as concentrações desses elementos presentes nas amostras. Os mesmos não possuem valores de referências fixados na resolução CONAMA 420/2009, e pode-se observar que não há uma variância tão discrepante entre os pontos controles e os pontos analisados dentro do cemitério, constando, então, que não há contaminação referente a esses elementos.
- Para o Cobre não foi encontrada contaminação pertinente, visto que a legislação permite a presença de  $60 \text{ mg.kg}^{-1}$  e o ponto que mais evidenciou a presença de contaminante foi o ponto D com  $\text{mg.kg}^{-1}$ .
- Os teores de argila encontrados na análise textural indicam um solo argiloso com teor médio de 20% de argila presente na composição, o que implica em um solo com área superficial que atua como filtrante, como a literatura usada como base estabelece.
- Os elementos químicos presentes no necrochorume, que contaminam o solo são na sua maioria degradados dos caixões, jazigos e pertences enterrados juntos com os caixões, visto que o corpo tem quantidades muito menores de concentração do que as encontradas. O tipo de sepultura, que são do tipo tradicionais, influenciou o potencial de poluição do solo por metais pesados, pois mantém os caixões direto no solo, favorecendo a decomposição. Não foi possível analisar os dois principais compostos presentes no necrochorume que são a caveira e a putrescina, pois não se tem o equipamento necessário na instituição.
- A legislação que regulamenta esses tipos de empreendimentos é a resolução CONAMA 335/2003, criada em 3 de abril de 2003. O cemitério de Morro Azul está em funcionamento desde a década de 1990, e o mesmo não se enquadra nos critérios criados pela lei, pois a mesma regulamenta cemitérios feitos a partir da data de publicação da normativa.

## **6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

De forma a dar prosseguimento ao trabalho realizado e ampliar o conhecimento sobre os contaminantes presentes em cemitérios, e suas fontes poluidoras, sugere-se os seguintes tópicos de pesquisa:

- Realização de investigação de contaminação por necrochorume de águas superficiais.
- Realização de investigação de contaminação por necrochorume de águas subterrâneas.
- Estudo de transmissão de doenças advindas de cemitérios, tanto por contato direto ou plumas de contaminação.
- Realização de novos estudos com o uso de metodologias mais precisas de análise como absorção atômica além da cromatografia para as substâncias orgânicas.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE 1; Joaci dos Santos CERQUEIRA 2; Isis Correia Sales de ALBUQUERQUE 3. Impactos ambientais no cemitério público de Queimadas-PB, Brasil Environmental impacts on public cemetery of Queimadas -PB, Brazil Vol. 38 (Nº 37) Ano 2017. Pág. 10

ANTONIO, A. S.da., PAULA, A. da.R.U., AGUIAR, A.T.C., COSTA, L.C.A.da., KEPLER, R.L.F., BENTES, K.R.de.S, WIEDEMANN, LSM., Avaliação de Características Químicas do Solo Durante a Decomposição Cadavérica e suas Aplicações à Química Forense. Revista Virtual de Química, v.10, n.3, 2018.

Atlas geográfico da região sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio grande do Sul/ Marcos Silveira wrege... [ et al], editores técnicos. -Brasília, DF: Embrapa, 2012

BOSCOV, M. E. G., 2008. Geotecnia Ambiental. São Paulo: Oficina de Textos. 248p.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA 335/2003 Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Disponível em <<http://conama.mma.gov.br/>>.

BRASIL. Resolução Conama nº 368 de 2006. Altera dispositivos da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2006.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA 420/2009 Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas .Disponível em <<http://conama.mma.gov.br/>>.

BRASIL (2008). Conselho Nacional do Meio Ambiente e Recursos Renováveis – IBAMA. Resolução do CONAMA nº 402, de 17 de novembro de 2008. Licenciamento ambiental de cemitérios– Normas e procedimentos. Brasília: MMA.

Brienza, Giovanna Stancati Utilização do método eletromagnético (EM) no subsídio ao diagnóstico do meio físico, no cemitério São João Batista, Rio Claro/SP / Giovanna Stancati Brienza. - Rio Claro, 2016.

CAMPOS, A. P. S. Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial. 2007. 141f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2007.

Carvalho, A. Leonardo. NECROCHORUME: ASPECTOS DA MOBILIDADE E DA MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS. Juiz de Fora. 2019.

CARNEIRO, Victor. IMPACTOS CAUSADOS POR NECROCHORUME DE CEMITÉRIOS: MEIO AMBIENTE E SAÚDE PÚBLICA. 2009.

DREVER, J. I. The geochemistry of natural waters: surface and groundwater environments. New York: Prentice Hall, 1997.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. – Brasília: Embrapa produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018.

EMBRAPA. ANÁLISE DE SOLO. PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE AMOSTRAS. LABORATÓRIO DE FERTILIDADE DO SOLO. embrapa clima temperado <file:///C:/Users/natac/Downloads/Amostragem%20solo.pdf>

FRIGHETTO, R. T.S .; VALARINI, P.J., Coords. Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 198p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 21)

GESTA, v. 3, n. 1 – Santos, Moraes e Nascimento, p.39-60, 2015 – ISSN: 2317-563X  
. QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E NECROCHORUME NO ENTORNO  
DO CEMITÉRIO DO CAMPO SANTO EM SALVADOR-BA

Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos / Lafayette Franco Sobral ... [et al.] – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 206). Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042994/1/Doc206.pdf>>.

INFLUÊNCIA DO pH NA SORÇÃO DE IMAZAQUIN EM UM LATOSSOLO VERMELHO ACRIFÉRRICO(1) W. S. D. ROCHA(2), L. R. F. ALLEONI(3), J. B. REGITANO(4), J. C. CASAGRANDE(5) & V. L. TORNISIELLO(6) Guia de amostragem de solos. Fundação ABCLAB. Castro.PR. Disponível em; <<https://abclaboratorios.com.br/wp-content/uploads/2019/07/Guia-amostragem-de-solos.pdf>>.

Jiménez Rojas, José Waldomiro Comportamento físico e químico de um solo argiloso cimentado e contaminado / José Waldomiro Jiménez Rojas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, RS-BR, – 2012.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace Elements in Soil and Plants. Florida: CRC Press, 1986.

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. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 140-156, 2012. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.838>)

KEMERICH, P. D. et al. A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil. *Rev. Monografias Ambientais*, v. 13, n. 4, p. 3777-3785, 2014

KEMERICH, P; D; da C. et al. Variação Espacial da Qualidade da Água Subterrânea em Área Ocupada por Cemitério tipo Parque Jardim. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, v. 9, n. 3, 2012.

Kemerich, P. D. C. et al (2015). Concentrações de metais em solo ocupado por cemitério. Uso da técnica de espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva – EDXRF. REMOA. 14(1): 2875- 2889.

Leli, I. T. et al (2012). Estudos ambientais para cemitérios: indicadores, áreas de influência e impactos ambientais. Bol. geogr., Maringá. 30(1): 45-54.

Marcomini, Leandro Peres. avaliação de Impacto Ambiental do Cemitério Jardim dos Lírios do Município de Bauru-SP / Leandro Peres Marcomini. Bauru 2012. 174 fls.

Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

MARQUES, J. F.; SKOPURA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2003

MEMORIAL NECRÓPOLE ECUMÊNICA. Disponível em: <https://memorialsantos.com.br/>. Acesso em: 21/06/2022.

MONTEIRO, R. T. R.; FRIGHETTO, R. T. S. Determinação da umidade, pH e capacidade de retenção de água do solo. Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: Manual técnico. Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente, 2000.

MORAIS, Geversson Pinheiro Dias Fernandes. Impactos Ambientais de cemitérios: estudo de caso em um município do semiárido do Brasil. 2019, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pau de Ferros, Rio Grande do Norte.

Oliveira, Marina dos Santos. Avaliação de impacto ambiental no cemitério da Saudade em Ouro Preto/MG: A problemática da contaminação por necrochorume frente à pandemia de COVID-19. [manuscrito] / Marina dos Santos Oliveira. 2022.

OURIVES, Eliza Maria; CARVALHO, Priscila de Sousa; OLIVEIRA, Bruna Marques de; FERREIRA, Andrelise Mesquita. Análise de impacto ambiental de cemitério no município de Três Pontas – MG. 2017.

Pacheco A. Cemitério e meio ambiente [tema de livre docência]. São Paulo: Instituto de Geociências da USP; 2000.

Prezotti, Luiz Carlos. Guia de interpretação de análise de solo e foliar / Luiz Carlos Prezotti; André Guarçoni M. – Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p.

Rafael Peruch Blauth - José Miguel Zelaya Bejarano. ANÁLISE DE SOLOS PELA TÉCNICA DE ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS – X desenvolvido na FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CENTRO DE TECNOLOGIA - UNICAMP.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

SILVA, Joaklebio; IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR NECROCHORUME DE CEMITÉRIOS: UM OLHAR PARA OS POSSÍVEIS RISCOS À SAÚDE PÚBLICA Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias. Curitiba, PR, v.2, n.1, 14, jan./ jun. 2017

Silva LM. Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres. Saneamento Ambiental. 2000; 71:41-45.

Silva, R., & Malagutti Filho, W. (2008). CEMITÉRIOS COMO ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS. Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online) , (09), 26-35. Retirado de [http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes\\_RBCIAMB/article/view/423](http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/423)

SCHÜTZ, R. Aplicação do Sensoriamento Remoto na Roteirização Turística na Encosta Nordeste do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul – RS. Estudo de Caso: Município de Três Cachoeiras.

SOUZA, M. C. M. R.; MONTEIRO, R. N. F.; DOS SANTOS, F. R. M.; CAMELO, F. M. B.; SALES, M. L. M.; NUNES, P. J. F. Avaliação dos teores de Alumínio encontrados em análises de solo do município de Ibiapina - CE. II WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO & I SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE O USO MÚLTIPLO DA ÁGUA, 2008. Anais eletrônicos... Fortaleza: ABAS, 2008.

## ANEXOS

### Anexo A: Resultado da análise de FRX em PPM

Elementos em ppm	Controle 1	Controle 2	amostragem A	amostragem B	amostragem C	amostragem D
magnésio	63133	41866	51266	33566	69066	50033
alumínio	89833	75566	92233	96433	107066	70633
silício	219666	269666	274000	23200	234666	384333
enxofre	397,3	246	488	729,6	848	370,6
cloro	1150	1113	733	1196	1150	1170
potássio	1160	1078,6	1290	736	914,3	1373
titânio	725000	20566	20633	17933	19700	22366
manganês	1933	856	1170	1676	2103	1290
ferro	106333	96600	96766	113000	129666	85466
cobalto	20	13	4460	4993	6216	4300
molibdênio	24,6	14	133	69,6	67,6	125
ródio	2170	2100	2090	1490	2006,6	1726,6
cério	4153	3120	2573	4330	4626	2093
háfnio	194,3	41,3	139,3	176	41,6	27,00
cádmio	0	0	446	511	0	197
cobre	0	0	26,3	0	0	37,3
cálcio	0	0	289	0	0	13,0
cromo	0	0	0	77	61	0