

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**VICTÓRIA CHAVES CRUZ**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL: ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO E DA  
ÁGUA DE UM ATERRO INATIVADO NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL**

**Caçapava do Sul  
2019**

**VICTÓRIA CHAVES CRUZ**

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL: ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO E DA  
ÁGUA DE UM ATERRO INATIVADO NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL**

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

Orientador: Pf. Dr. Rafael Matias Feltrin

Coorientador: Pf. Dr. Rui Sergio Saraiva Duarte Junior

**Caçapava do Sul  
2019**

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) .

C955d Cruz, Victória Chaves

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL: ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO  
SOLO E DA ÁGUA DE UM ATERRO CONTROLADO NO MUNICÍPIO DE  
CAÇAPAVA DO SUL / Victória Chaves Cruz.

103 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA AMBIENTAL E  
SANITÁRIA, 2019.

"Orientação: Rafael Matias Feltrin".

1. Elementos traços. 2. Lixiviado. 3. Áreas  
Degradadas. I. Título.

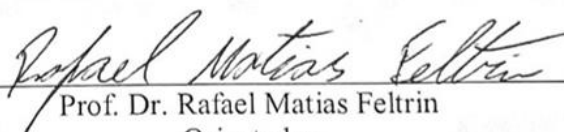
VICTÓRIA CHAVES CRUZ

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL: ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO E  
DA ÁGUA DE UM ATERRO CONTROLADO NO MUNICÍPIO DE  
CAÇAPAVA DO SUL**

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

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 21 de novembro de 2019

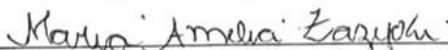
Banca examinadora:



Prof. Dr. Rafael Matias Feltrin  
Orientador  
UNIPAMPA



Prof. Dr<sup>a</sup>. Cristiane Heredia Gomes  
UNIPAMPA



Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria Amélia Zazycki  
UNIPAMPA

Dedico este trabalho a minha família e amigos.

## AGRADECIMENTO

A Deus, por toda a força que me concedeu durante esses cinco anos de faculdade. Devo à Ele a vida e tudo aquilo que conquistei até o dia de hoje.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rafael Matias Feltrin, pela confiança que em mim depositou. Obrigada pelas correções, que fizeram do meu trabalho um trabalho melhor, e por todo incentivo e apoio.

Aos meus familiares, em especial minha avó, Dalva Cruz, pessoa que me deu todo suporte necessário para que eu conseguisse chegar até meu objetivo principal. À ela gostaria de retribuir todo o apoio e dedicação que recebi, pois sempre me proporcionou o melhor dentro das suas possibilidades.

Ao meu amigo Orlando Cardoso, que contribuiu de forma direta para que este trabalho fosse concluído. Obrigada por toda ajuda em campo e pelo apoio e amizade durante os cinco anos de graduação.

A minha amiga Jauana Riegel pela amizade durante a graduação e contribuições que muito me ajudaram neste trabalho. Obrigada por acreditar em mim e me apoiar nos bons e maus momentos.

Ao meu amigo Tiago Strunkis, pelo apoio e amizade. Obrigada por toda ajuda que me concedeu durante esta etapa.

A minha amiga Letícia Cervi que me apoiou muito neste trabalho. Obrigada por toda ajuda que gratuitamente me ofereceu em momentos ímpares, que eu muito precisava.

A todos os colegas de curso que estiveram ao meu lado durante a graduação.

“O sábio nunca diz tudo que pensa, mas pensa sempre tudo o que diz”

Aristóteles

## RESUMO

O grande crescimento populacional, aliado ao desenvolvimento industrial, proporciona crescente geração de resíduos. Sua destinação, contudo, nem sempre acontece de forma adequada, acarretando contaminações tanto para os recursos hídricos quanto para o solo. Em Caçapava do Sul, do ano de 1997 a 2005, funcionou uma das formas inadequadas de disposição de Resíduos Sólidos Urbanos, denominada “lixão”. Após seu encerramento, o lixão foi licenciado pela FEPAM para passar por processos de recuperação de áreas degradadas, tendo como algumas das medidas tomadas o aterramento das células com solo e gramíneas. Tendo em vista a problemática da constante geração de lixiviado no local, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água que está sob influência do aterro controlado através do Índice de Qualidade das Águas e comparação de seus parâmetros físicos, químicos e biológicos com a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente 357/2005, e caracterizar de forma geoquímica o solo do aterro através de análises granulométricas, análises de fluorescência de raio-X e pH. Foram realizadas uma coleta de água em dois pontos: um a montante e outro a jusante. A classificação da água, segundo o Índice de Qualidade das Águas, foi boa para os dois pontos analisados. Segundo a resolução do CONAMA 357/2005, os dois pontos obtiveram a maior parte de seus parâmetros classificados como águas doces de Classe 1, exceto DBO (5,20), que enquadrou-se como Classe 2. Em relação a análise de fluorescência de raio-X da água, apenas o ponto que encontra-se após o deságue das lagoas apresentou elementos como Al e Cd, que podem ter origem desta fonte de contaminação. Foram realizadas uma coleta para análise de solo em oito pontos respeitando três profundidades (sendo um destes o ponto para controle). O solo apresentou grande incidência de granulometria grosseira (cascalho e areia), favorecendo a percolação de lixiviado. Os valores de pH encontrados evidenciaram um solo ácido. Quanto a análise de elementos no solo, apenas o Ca e o Zn não apresentaram concentrações acima das naturais esperadas para solos de origem granítica. Contudo, recomenda-se que sejam realizados estudos mais aprofundados para identificação do grau de condutividade hidráulica da área e se é antrópica a origem dos elementos que encontraram-se acima das concentrações naturais esperadas.

Palavras-Chave: Elementos traços. Lixiviado. Áreas Degradadas.



## **ABSTRACT**

The large population growth, coupled with industrial development, provides increasing waste generation. Their destination, however, does not always happen properly, causing contamination to both water resources and the soil. In Caçapava do Sul, from 1997 to 2005, one of the inadequate forms of disposal of solid urban waste, called “dump”, worked. After its closure, the garbage dump was licensed by FEPAM to undergo recovery of degraded areas, having as some of the measures taken the grounding of cells with soil and grass. Considering the problem of the constant generation of leachate in the site, the present work aimed to evaluate the water quality that is under the influence of the controlled landfill through the Water Quality Index and the comparison of its physical, chemical and biological parameters with National Environmental Council Resolution 357/2005, and geochemical characterization of the landfill soil through particle size analysis, X-ray fluorescence analysis and pH. Water was collected at two points: one upstream and one downstream. The water classification, according to the Water Quality Index, was good for both points analyzed. According to CONAMA Resolution 357/2005, the two points obtained most of their parameters classified as Class 1 freshwater, except BOD (5,20), which was classified as Class 2. Regarding the fluorescence analysis of X-ray of the water, only the point that is after the discharge of the lagoons presented elements such as Al and Cd, which may originate from this source of contamination. A soil analysis collection was performed in eight points respecting three depths (one of them being the point for control). The soil showed a high incidence of coarse gravel (gravel and sand), favoring leachate percolation. The pH values found showed an acid soil. Regarding soil element analysis, only Ca and Zn did not present higher than expected concentrations for granitic soils. However, it is recommended that further studies be conducted to identify the degree of hydraulic conductivity of the area and whether the origin of the elements above the expected natural concentrations is anthropogenic.

Keywords: Trace elements. Slurry. Degraded areas.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Seção transversal de um aterro controlado .....	27
Figura 2 – Corte da seção de um aterro sanitário. ....	31
Figura 3 – Diagrama triangular generalizado para a determinação dos cinco principais grupamentos de texturas do solo.....	36
Figura 4 – Localização da área de estudo no município de Caçapava do Sul.....	48
Figura 5 – Mapa das curvas de nível da área de estudo.....	49
Figura 6 – Drenagem da Área de Estudo. ....	50
Figura 7 – Precipitação Média Mensal de Caçapava do Sul. ....	51
Figura 8 – Mapa com delimitação da área de estudo e localização dos pontos de amostragem de solo e água. ....	53
Figura 9 – Amostragem de água. ....	54
Figura 10 – Curvas médias utilizadas no cálculo do Índice de Qualidade das Águas.....	57
Figura 11 – Coleta de solo com gradagem manual.....	58
Figura 12 – Destorroamento manual do solo com cilindro de madeira.....	59
Figura 13 – Amostras dispostas em bandeja de isopor após secagem e destorroamento.....	59
Figura 14 – Amostras dispostas em sacos plásticos para análise de fluorescência de raio-X.....	60
Figura 15 – Peneiramento a seco.....	62
Figura 16 – Valores das análises de pH profundidade 30 cm.....	70
Figura 17 – Valores das análises de pH profundidade 70 cm.....	70
Figura 18 – Valores das análises de pH profundidade 120 cm.....	70
Figura 19 – Curva Granulométrica-PSB 30 cm.....	91
Figura 20 – Curva Granulométrica-PSB 70 cm.....	91
Figura 21 – Curva Granulométrica-PSB 120 cm.....	91
Figura 22 – Curva Granulométrica-PS1 30 cm.....	92
Figura 23 – Curva Granulométrica-PS1 70 cm.....	92
Figura 24 – Curva Granulométrica-PS1 120 cm.....	92
Figura 25 – Curva Granulométrica PS2 30cm.....	93
Figura 26 – Curva Granulométrica PS2 70 cm.....	93
Figura 27 – Curva Granulométrica PS2 120 cm.....	93
Figura 28 – Curva Granulométrica-PS3 30 cm.....	94

Figura 29 – Curva Granulométrica-PS3 70 cm.....	94
Figura 30 – Curva Granulométrica-PS3 120 cm.....	94
Figura 31 – Curva Granulométrica-PS4 30 cm.....	95
Figura 32 – Curva Granulométrica-PS4 70 cm.....	95
Figura 33 – Curva Granulométrica-PS4 120 cm.....	95
Figura 34 – Curva Granulométrica-PS5 30 cm.....	96
Figura 35 – Curva Granulométrica-PS5 70 cm.....	96
Figura 36 – Curva Granulométrica-PS5 120 cm .....	96
Figura 37 – Curva Granulométrica-PS6 30 cm.....	97
Figura 38 – Curva Granulométrica-PS6 70 cm.....	97
Figura 39 – Curva Granulométrica-PS6 120 cm .....	97
Figura 40 – Curva Granulométrica-PS7 30 cm.....	98
Figura 41 – Curva Granulométrica-PS7 70 cm.....	98
Figura 42 – Curva Granulométrica-PS7 120 cm .....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Definição dos termos empregados a cada espécie de nitrogênio.....	38
Tabela 2 - Íons que podem ser encontrados no chorume e possíveis fontes .....	40
Tabela 3 - Alguns limites superiores ou inferiores, dependendo do caso, para algumas variáveis em ambientes aquáticos de água doce de Classes 1, 2, 3 ou 4 (Resolução CONAMA 357/2005) .....	42
Tabela 4 - Classificação do IQA para o Rio Grande do Sul. ....	56
Tabela 5- Parâmetros químicos, físicos e microbiológicos analisados no cálculo do IQA, com seus respectivos pesos.....	56
Tabela 6 -Frações granulométricas e denominação segundo seus diâmetros .....	61
Tabela 7- Frações retidas nas peneiras utilizadas no ensaio de peneiramento a seco.....	72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Nomenclatura das amostras de acordo com local da coleta.....	54
Quadro 2 – Análises físicas, químicas e biológicas realizadas nas amostras de água e respectivas metodologias empregadas.....	55
Quadro 3 – Peneiras da série de Tyler com suas aberturas correspondentes em mm, $\mu\text{m}$ e polegada.....	61
Quadro 4 – Classificação dos parâmetros analisados nas amostras PA1 e PA2 de acordo com a Resolução Conama 357/2005.....	64
Quadro 5 – Elemento encontrados na análise de fluorescência de raio-X do solo.....	67
Quadro 6 – Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica.....	72
Quadro 7 – Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS1.....	73
Quadro 8 - Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS2.....	73
Quadro 9 – Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS3.....	74
Quadro 10 – Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS4.....	74
Quadro 11 – Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS5.....	75
Quadro 12 – Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS6.....	75
Quadro 13 - Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS7.....	76

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

EDX – Espectrômetro de fluorescência de raio-X por energia dispersiva

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FEMA – Fundação Educacional Machado de Assis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia

IQA – Índice de Qualidade das Águas

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PNRS– Política Nacional de Resíduos Sólidos

Rh- Ródio

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Objetivos Gerais.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>17</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Resíduos Sólidos ... ..</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3 Vazadouros ou Lixões ... ..</b>	<b>22</b>
<b>4.4 Inativação dos Lixões ... ..</b>	<b>23</b>
<b>4.5 Aterro Controlado .....</b>	<b>25</b>
<b>4.6 Aterro Sanitário ... ..</b>	<b>28</b>
<b>4.7 Medidas Mitigadoras em Lixões ... ..</b>	<b>32</b>
<b>4.8 Solo .....</b>	<b>34</b>
<b>4.8.1 Características Morfológicas do Solo ... ..</b>	<b>35</b>
<b>4.8.1.1 Textura .....</b>	<b>35</b>
<b>4.8.1.2 Densidade .....</b>	<b>36</b>
<b>4.8.1.3 Porosidade .....</b>	<b>36</b>
<b>4.8.1.4 Permeabilidade ... ..</b>	<b>37</b>
<b>4.8.2 Parâmetros de Qualidade do Solo .....</b>	<b>37</b>
<b>4.8.2.1 Nitrogênio Total, Nitrito, Nitrato e Nitrogênio Amoniacal .....</b>	<b>37</b>
<b>4.8.2.2 Fósforo ... ..</b>	<b>38</b>
<b>4.8.2.3 Elementos Traços .....</b>	<b>39</b>
<b>4.9 Recurso Hídrico .....</b>	<b>40</b>

4.9.1 Caracterização da Qualidade da Água .....	41
4.9.1.1 Parâmetros de Qualidade da Água .....	41
4.9.1.1.1 Turbidez .....	43
4.9.1.1.2 Temperatura ... ..	43
4.9.1.1.3 Oxigênio Dissolvido ... ..	43
4.9.1.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5,20</sub> ).....	43
4.9.1.1.5 Potencial Hidrogênionico (pH) .....	43
4.9.1.1.6 Nitrogênio .....	44
4.9.1.1.7 Fósforo ... ..	44
4.9.1.1.8 Condutividade Elétrica .....	44
4.9.1.1.9 Coliformes Totais .....	45
4.9.1.1.10 Sólidos Totais ... ..	45
4.9.1.1.11 Análise de Fluorescência de raio-X (EDX).....	45
5 METODOLOGIA .....	47
5.1 Caracterização da Área .....	47
5.1.1 Geologia Local ... ..	49
5.1.2 Pedologia e Relevo Local.....	49
5.1.3 Hidrologia ... ..	50
5.1.4 Clima .....	51
5.2 Determinações dos Pontos de Amostragem .....	51
5.3 Coleta e Análises das amostras de Água .....	53
5.3.1 Análises físicas, químicas e biológicas da água.....	54
5.3.1.1 Cálculo do Índice de Qualidade das Águas... ..	55
5.3.1.2 Fluorescência de raio-X (EDX) ... ..	58
5.4 Coleta e Análise das Amostras de Solo ... ..	58
5.4.1 Fluorescência de raio-X (EDX) ... ..	59



<b>5.4.2 Potencial Hidrogênionico do Solo ...</b>	<b>60</b>
<b>5.4.3 Análise Granulométrica ...</b>	<b>60</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>63</b>
<b>6.1 Análises de água</b>	<b>63</b>
<b>6.1.1 Análise do Índice de Qualidade das Águas</b>	<b>63</b>
<b>6.1.2 Avaliação dos Parâmetros da Água Segundo a Resolução do CONAMA 357/2005</b>	<b>63</b>
<b>6.1.3 Avaliação dos Elementos Presentes na Água (Fluorescência de raio-X)</b>	<b>65</b>
<b>6.2 Análise de Solo</b>	<b>65</b>
<b>6.2.1 Avaliação dos Elementos Presentes no Solo (Fluorescência de raio-X)</b>	<b>65</b>
<b>6.2.2 Análise de pH do Solo</b>	<b>69</b>
<b>6.2.3 Análise Granulométrica</b>	<b>71</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b>	<b>77</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE A</b>	<b>91</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O grande crescimento populacional, associado ao consumo desordenado, atribui ao homem a capacidade de gerar uma grande quantidade de resíduos. Porém, a disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos acontece corriqueiramente em locais inapropriados (BORGES; COSTA, 2018).

A partir do princípio do constitucionalismo de valores, a carta magna brasileira (Constituição Federal do Brasil, instituída em 1988) põe que o meio ambiente é um bem coletivo, metaindividual, indivisível e de litígio interno intenso, ficando isso ratificado em seu capítulo VI, através de seu artigo 225, onde lê-se:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, p. 1, 1988).

Neste sentido, visando a classificação da disposição de resíduos sólidos do grau de proteção ao meio ambiente, a Associação Brasileira de Normas e Técnicas ABNT define três tipos de depósitos de resíduos: lixão, aterro controlado e aterro sanitário, sendo o aterro sanitário, entre estes, o mais indicado devido ao maior grau de proteção ao meio ambiente (LENS, 2016).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada em 2008, 99,96% dos municípios do Brasil possuem serviços de disposição de Resíduos Sólidos, sendo que 50,75% dispõem seus resíduos em vazadouros, 22,54% em aterros controlados e somente 27,68% em aterros sanitários (IBGE, 2008). Segundo Araújo (2015), os lixões podem ser descritos como um local sem nenhum projeto ou preparo estrutural, sendo um local inadequado para a disposição de resíduos. Esse tipo de atividade representa um grave passivo ambiental para a maioria dos municípios brasileiros, caracterizando-se, inclusive, como um problema de saúde pública e ambiental, divergindo assim, do princípio proposto no Art.225 da Constituição Federal do Brasil de 1988 (LANZA et al., 2010).

Alguns municípios adotam a técnica de aterros controlados como medida de remediação, buscando reduzir os impactos sociais e ambientais (NOGUEIRA, 2015). Caçapava do Sul se encaixa perfeitamente nesta situação, após o encerramento do lixão, que funcionou

ativamente por oito anos, houve o licenciamento pela FEPAM para a realização da cobertura das células.

Sabe-se que toda degradação de matéria orgânica gera chorume, e o local em questão, onde está instalado o antigo lixão encontra-se em uma zona urbano/rural, tendo residências próximas ao local de disposição. Não há, até o momento, um estudo que verifique ou apresente as condições do meio quanto a presença de contaminação. A partir do exposto, verifica-se a necessidade de um estudo para realizar o diagnóstico ambiental da área, pelo menos quanto ao meio físico. Desta forma, a avaliação da qualidade do solo e da água foi a ferramenta empregada no presente estudo, objetivando caracterizar se há contaminação no aterro controlado, no município de Caçapava do Sul. Para isto, foram utilizadas metodologias práticas e confiáveis capazes de refletir os impactos ambientais da área. Com isso, pretendeu-se contribuir aos órgãos públicos no desenvolvimento de projetos para a recuperação de áreas degradadas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Gerais**

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar geoquímicamente o solo e avaliar a qualidade da água superficial que está sob influência da área pertencente a um aterro controlado, localizado no município de Caçapava do Sul-RS.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Analisar os parâmetros químicos, físicos e biológicos da água afim de interpretá-los como indicativos de qualidade.
- Caracterizar o solo a partir de avaliação qualitativa dos principais contaminantes.

### 3 JUSTIFICATIVA

O crescimento populacional no Brasil aliado ao incremento das atividades industriais contribuem para o elevado índice de geração de resíduos. Segundo Borges e Costa (2018), uma grande parcela desses resíduos é disposta incorretamente, causando o aumento de áreas contaminadas pela degradação de matéria orgânica. Caçapava do Sul, adotou em 1997 como técnica de disposição de resíduos sólidos o denominado lixão. Seu funcionamento durou menos de dez anos, e recebeu durante este período cerca de 29.000 toneladas de resíduos sólidos urbanos (PMSB, 2013).

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico do município, Caçapava do Sul adotou como uma de suas medidas de Recuperação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos o aterramento do “lixão” existente na Vila do Segredo com solo e gramíneas, transformando o local em um aterro controlado. Por não possuir toda a impermeabilização necessária e estar localizada em um terreno íngreme, a liberação de lixiviados pode trazer riscos de contaminação tanto para as águas superficiais e subterrâneas, quanto para o solo.

Visto as grandes dificuldades enfrentadas pelos municípios na eliminação dos lixões, associadas as dificuldades de elaboração de planos de recuperação de áreas, faz-se de suma importância a compreensão dos potenciais riscos ofertados ao meio ambiente, principalmente ao solo e aos recursos hídricos, por serem afetados diretamente por ações antrópicas desta natureza.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos de uma área urbana são constituídos por “lixo”, (uma mistura de resíduos produzidos nas residências, comércio e serviços e nas atividades públicas, na preparação de alimentos e no desempenho de funções profissionais e na varrição de logradouros) até resíduos especiais como lixo hospitalar, pilhas, baterias, remédios vencidos, etc (BRAGA et al., 2005).

Segundo Dias e Vaz (2002):

Os resíduos sólidos englobam todos os materiais rejeitados ou descartados nas atividades domésticas, comerciais e de serviços e englobam materiais com características diversas, desde resíduos inertes (entulhos provenientes de obras e demolições), orgânicos provenientes da manipulação de alimentos e poda, embalagens de vidro, plástico, metal, papel/papelão e até resíduos perigosos como embalagens de produtos destinados a eliminação de vetores domésticos, tintas e óleos, bem como aqueles com características de resíduos de serviços de saúde (DIAS; VAZ, 2002, p. 1).

Segundo Calderoni (1998), citado por Ensinas (2003, pg. 5), o termo resíduo é sinônimo de lixo na linguagem atual. Sendo considerado lixo todo material inútil, cujo a existência em um dado meio é considerada como nociva, devendo ser disposto em lugar público, o que o torna um problema para toda sociedade.

Para LIMA (2004), lixo é:

Todo e qualquer resíduo que resulte das atividades diárias do homem na sociedade. Estes resíduos compõem-se basicamente de sobras de alimentos, papéis, papelões, plásticos, trapos, couros, madeiras, latas, vidros, lamas, gases, vapores, poeira, sabões, detergentes, e outras substâncias descartadas pelo homem no meio ambiente (LIMA, 2004, p. 11).

A Lei nº 12.305 de 2010 define Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) como resíduos de origem domiciliar, provenientes de atividades domésticas em residências urbanas, e de origem de limpeza urbana, provenientes da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, e traz também a definição de rejeitos que, por sua vez, são resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e

economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

A NBR 10004 (ABNT, 2004), define Resíduo Sólido como resíduo no estado sólido ou semissólido, resultantes de atividades hospitalares, industriais, domésticas, comerciais, serviços e de varrição. Inclui lodo gerado por sistemas de tratamento de água, os que são gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como líquidos cujo as suas características tornem inadequado o seu lançamento em redes públicas de esgoto ou corpos hídricos, ou exijam para isso técnicas economicamente inviáveis.

De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), a periculosidade é uma característica dependente das propriedades do resíduo, podendo apresentar riscos à saúde pública (provocando mortalidade, incidência de doenças ou aumentando seus índices), e riscos ao meio ambiente (quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada).

A mesma norma, classifica os resíduos em:

Resíduos de Classe I- Perigosos: Aqueles que apresentam periculosidade ou alguma característica, como: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade.

Resíduos de Classe II- Não Perigosos: Aqueles que não se enquadram na Classe I e podem ser inertes ou não inertes.

Resíduos de Classe II A- Não inertes: Aqueles que não se enquadram na Classe I e na classe II B, ou seja, não apresentam periculosidade e possuem características de biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água.

Resíduos de Classe II B- Inertes: São aqueles que não oferecem periculosidade e quando sofrem amostragem, segundo a NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico ou estático com a água destilada ou deionizada, em temperatura ambiente, conforme a NBR 10006, não tiverem nenhum dos seus componentes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, exceto aspectos como cor, turbidez, sabor e dureza.

Essa classificação de resíduos, segundo Kozak et al. (2008), acontece por meio da identificação do processo ou atividade que o originou, seus constituintes, suas características físicas, químicas e biológicas e a comparação com listagens de resíduos já conhecidos. Sendo assim, todo e qualquer resíduo que ofereça riscos à saúde e ao meio ambiente, devido as suas propriedades físicas, químicas e biológicas, pode ser considerado um resíduo perigoso (CARDOSO, 2005).



Na PNRS (BRASIL, 2010) os resíduos podem ser distinguidos também, pela sua origem. Sendo divididos em:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrosilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios; (BRASIL, 2010).

Os resíduos que são gerados em uma determinada região possuem constituintes diversos, onde o volume da sua produção varia de acordo com a sua procedência, nível econômico da população e a natureza das atividades econômicas existentes na área onde é gerado (BRAGA et al., 2005).

Os resíduos sólidos são grandes responsáveis por contribuir com emissão de gases que colaboram para o efeito estufa. Dentre eles gases carbono (como o monóxido de carbono, o dióxido de carbono e o metano. A emissão desses voláteis supera as de elementos causadores das chuvas ácidas, como o enxofre. Para esses acontecimentos temos a contribuição direta tanto dos resíduos domésticos e comerciais, como dos resíduos indústrias, e dos particulados decorrentes dos tratamentos de efluentes (MIRANDA, 2015).

Além da geração de resíduos, outra problemática causada por eles é a falta de reaproveitamento. Grande parte dos resíduos com potencial reciclável, não é reaproveitado. Segundo um estudo realizado por Silva (2017), técnico de planejamento e pesquisa do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), isso se deve a desinformação a qual os consumidores estão sujeitos. A grande maioria sabe pouco ou nada sobre coleta seletiva: apenas 4% das pessoas sabem que embalagens longa vida (TetraPak), são recicláveis. O índice melhora quando se fala em plástico (77%), vidro (64%), papel (50%) e alumínio (47%), mas ainda está

distante do ideal. Apenas 32% das pessoas sabem bastante sobre embalagens PET recicláveis e 28% sobre embalagens retornáveis de vidro. Sobre garrafas PET, apenas 40% afirmam saber que esse tipo de material pode ser reciclado.

Dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizada em 2008, apontam que 50,8 % dos municípios brasileiros, dispõem seus resíduos em lixões ou em aterros controlados. O grande índice de geração e de não reciclagem de materiais, associado ao descarte em locais inapropriados, acarreta em inúmeros prejuízos para o meio ambiente, como a poluição hídrica, contaminação do solo e da água (SILVA, 2017).

#### **4.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos**

Em 2 de agosto de 2010 foi sancionada a Lei N° 12.305 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, onde em seu Artg 1° dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Em seu Capítulo II traz algumas definições como gerenciamento de resíduos sólidos, coleta seletiva, destinação final ambientalmente adequada, gestão integrada, logística reversa, reciclagem, reutilização e padrões sustentáveis de produção e consumo (BRASIL, 2010).

Com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), passa-se a ter um marco regulatório no país, pois o centro desta lei é a referência a todos os tipos de resíduos: domésticos, industriais, de construção civil eletroeletrônico, lâmpadas de vapores mercuriais, agrosilvopastoril, da área de Saúde e perigosos (FRANKEMBERG, 2011).

Dentre alguns objetivos desta lei, estão: a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais; redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos; incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis

e reciclados; gestão integrada de resíduos sólidos; estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável. (BRASIL, 2010).

A PNRS proíbe a criação de lixões e determina a criação de aterros sanitários como local para disposição de resíduos, exigindo que as áreas utilizadas como lixões sejam desativadas. Também passa a ser proibido catar lixo, morar ou criar animais nesses locais de disposição “in natura” (FRANKEMBERG, 2011). O limite para que os municípios brasileiros erradicassem os lixões acabou em agosto de 2014, sendo que 60% das prefeituras não conseguiram cumprir a determinação. Frente a essa situação, o governo adiou a implantação da lei que objetiva estender até 2021 o prazo para a eliminação dos lixões (SALES et al., 2019).

#### **4.3 Vazadouros ou “Lixões”**

O lixo é um dos principais resultados do elevado índice de consumo praticado pela sociedade contemporânea, e retrata seus hábitos de consumo desordenado. Dentre os locais onde pode ser descartado, os denominados lixões ou vazadouros, são os mais impróprios (DE MEDEIROS, 2008).

Os lixões a céu aberto podem ser descritos como local de disposição de resíduos que acontece de forma desordenada, sem nenhuma cobertura e preparação do solo, sendo considerado como um dos maiores geradores de contaminação para o homem por contaminar o solo, águas superficiais e subterrâneas e proliferar macro e micro vetores (TADA et al., 2009).

Segundo Cardoso (2005), a presença de vazadouros acarreta uma série de problemas, como contaminação da água e do solo, poluição visual, mau odor, riscos à saúde pública e desvalorização imobiliária. O descarte de lixo a céu aberto oferece grandes riscos de epidemia, por fornecer condições propícias para o desenvolvimento de diversas doenças ao homem, tais como febre tifóide, salmonelose, desintérias, e outras infecções (FILHO; ROUQUAYROL, 1999).

Outro aspecto significativo da decomposição do lixo é a liberação de gases que colaboram para o efeito estufa, como o metano e gás carbônico que absorvem os raios de sol e redistribuem em forma de radiação na atmosfera. Também há a geração de chorume, um líquido rico em componentes metálicos e orgânicos, responsável por contaminar o solo e a água (BRAGA et al., 2005).

Existem, além de problemas ambientais associados a utilização de lixões, aqueles que acontecem pela presença de catadores de lixo, que são os chamados problemas socioeconômicos. As condições de trabalho em lixões são altamente insalubres, o que expõem os catadores a diversos tipos de riscos (CARDOSO, 2005).

A Lei de nº 9.605 de Crimes Ambientais, instituída em 12 de fevereiro de 1998, em seu Artg 54 trata como crime ambiental causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora. A pena é de reclusão de um a cinco anos para casos onde o crime: tornar uma área, urbana ou rural, imprópria para a ocupação humana; causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes das áreas afetadas, ou que cause danos diretos à saúde da população; ocorrer lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos (BRASIL, 1998).

A utilização desse tipo de disposição de resíduos se dá geralmente em municípios de pequeno porte, que são os mais recorrentes no Brasil. As justificativas para este tipo de obra são: limitações financeiras dos municípios, falta de capacitação na mão de obra e falhas na administração (ARAÚJO, 2015).

As áreas utilizadas para disposição de lixo urbano e industrial ficam inapropriadas para outros fins devido a grande degradação ambiental sofrida pelo local. Por esse motivo, esses locais devem ser investigados com a finalidade de se obter um banco de dados capaz de colaborar com projetos de recuperação de áreas (DE MEDEIROS, 2008).

#### **4.4 Inativação dos Lixões**

Quando a operação de um lixão é cessada, infelizmente os problemas gerados por ele permanecem acontecendo, como: geração de chorume, gases, mau odor e riscos à saúde (POSSAMAI et al, 2007; CARDOSO, 2005). Portanto, o processo de estabilização do local não é imediato e recomenda-se diversos métodos para remediação dos lixões inativos.

A remediação visa diminuir os impactos ambientais da área, incluindo a remoção de concentração de contaminantes, como é possível perceber em uma das notas do trabalho de Gunther (2006), que afirma:

Remediação é a ação de recuperação ambiental realizada em áreas contaminadas, que implica em intervenção direta, com o objetivo de conter, isolar, remover ou reduzir as concentrações de contaminantes presentes (GUNTHER, 2006, p. 115).

Pode-se observar que a remediação e o encerramento de um lixão objetivam o máximo de diminuição de impactos ambientais gerados pela disponibilização indevida de resíduos. Através de remediação, é possível imobilizar os processos físicos, químicos e biológicos que acontecem na área contaminada (POSSAMAI et al., 2007).

O encerramento dos lixões, nem sempre ocorrem seguido da recuperação da área. Geralmente cessam-se as atividades e em seguida ocorre o abandono do local. Porém, como citado anteriormente, a contaminação gerada pela degradação de matéria orgânica permanece ocorrendo, gerando um dos componentes mais impactantes para o meio ambiente, o chorume (POSSAMAI et al., 2007).

O chorume é um líquido escuro, formado pela atividade das enzimas presentes nos microrganismos responsáveis pela degradação de matéria. Possui em sua composição uma grande porcentagem de material orgânico e metais pesados (MARQUES, 2011). Também pode ser formado a partir da água constituinte da própria matéria orgânica e da umidade natural do lixo. Possui algumas características como pH ácido, alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO5), (alto valor de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e inúmeros elementos tóxicos. Contudo, a sua composição físico-química depende de diversos aspectos como tempo de disposição, condições ambientais locais, forma de realização de tratamento do aterro e até particularidades do próprio despejo (SERAFIM, 2003).

O chorume pode conter metais pesados, oriundos de diversos tipos de resíduos, como arsênio (As), níquel (Ni), cobre (Cu), zinco (Zn), cádmio (Cd), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), e cromo (Cr) (SERAFIM, 2003). Todos estes metais têm como principal atributo o grande índice de bioacumulação, biomagnificação e reatividade. Isso significa que podem acumular-se no organismo vivo (bioacumulação) e também aumentar sua concentração a cada nível trófico (biomagnificação), causando uma série de alterações no metabolismo, por não serem degradáveis. Com outras palavras, quanto maior o nível trófico, maiores as possibilidades de transformar concentrações que seriam consideradas normais em concentrações tóxicas (BENDITO, 2017).

Devido as altas concentrações de metais presentes nestas áreas, pode acontecer a migração dessas substâncias por meio de lixiviação. A lixiviação é um processo físico pelo qual ocorre a liberação de metais pesados presentes nos resíduos sólidos durante a decomposição,

seguido pelo transporte dessas substâncias. Devido a infiltração de água da chuva, estes compostos podem atingir grandes profundidades, migrando pelos perfis de solo. Dessa forma o chorume chega às águas superficiais e subterrâneas, pois o solo por não possuir nenhum tipo de impermeabilização está suscetível a processos de infiltração (OSTMAN, 2013).

A decomposição da matéria em lixões ocorre principalmente de forma aeróbia, devido ao contato do lixo com o ar atmosférico. Nesse processo de degradação dos microrganismos, diversos gases são liberados, sendo eles responsáveis pelo agravamento do efeito estufa problemas à saúde humana. O gás metano, quando em grandes concentrações, oferece riscos de incêndio e explosão devido ao seu alto grau de inflamabilidade. Outro problema gerado pela produção de voláteis é o mau odor presente no local, que acaba afetando até mesmo comunidades vizinhas, trazendo incômodo e expondo a doenças causadas pela inalação de constituintes desses gases, podendo afetar sistema nervoso central e pulmões, por exemplo (ENSINAS, 2003).

Um dos principais problemas causados pela desativação de um lixão é o futuro dos catadores que viviam e trabalhavam em torno do local. Muitas pessoas não conseguem adaptar-se a outra forma de viver, pois foram criados ou viveram a maior parte de suas vidas obtendo renda a partir da venda de materiais recicláveis que são vendidos para sucateiros. Alguns catadores recusam ofertas de trabalho nas cidades, pois por vezes a renda extraída através da catação supera o salário mínimo e proporciona flexibilidade de horário, porém expõe os catadores a condições insalubres (VILHENA et al, 2018).

Muitos desses grupos não reagem bem ao encerramento de lixões, e acabam tendo uma resposta agressiva. Para tentar evitar a situação, não basta apenas tentar mudar as atividades exercidas por eles, colocando-os em um ambiente de trabalho desproporcional ou inadequado, mas sim, tentar entender o perfil social ao qual estes catadores estão inseridos e melhorar a forma de trabalho. Nestes casos, a administração pública, em conjunto com uma entidade de assistência às populações carentes, pode propor o desenvolvimento de uma cooperativa de catadores, onde os cooperadores podem trabalhar com volumes maiores de material reciclável e aumentar ainda mais sua renda (VILHENA et al., 2018).

#### **4.5 Aterro Controlado**

Segundo Lima (1995) citado por Lauermaann (2007), há três tipos de aterros: comuns, controlados e sanitários, onde aterro controlado pode ser definido como local de disposição de resíduos onde não há a impermeabilização do solo e não é esperada a inserção de sistema de captação de gases e efluentes. O lixo disposto recebe uma cobertura diária de material inerte, o que não resolve os problemas de poluição.

Um problema que essa técnica de disposição produz é a poluição do solo, pois não havendo impermeabilização, há o comprometimento da qualidade do solo e das águas subterrâneas. Aterros controlados não possuem sistema de tratamento de lixiviados (chorume mais água de infiltração), logo o chorume gerado a partir da degradação de matéria orgânica lixivia livremente, passando pelos perfis de solo (LANZA et al., 2010).

Segundo D'almeida e Vilhena (2000) a formação do chorume passa por três fases, onde a suscetibilidade ao carregamento ou arraste de substâncias químicas, pelo líquido que escoar, se modifica drasticamente. Essas fases são:

**Aeróbia:** Essa fase é a primeira da decomposição da matéria e acontece devido a presença de oxigênio que ainda existe após a cobertura do resíduo pela camada de solo. Essa fase dura pouco tempo, cerca de aproximadamente um mês, porém, em aterros considerados rasos (profundidade inferior a 3 m) pode durar mais tempo. Na fase aeróbia há uma grande liberação de calor no aterro, e a formação de sais de elevada solubilidade que podem conter metais em sua composição.

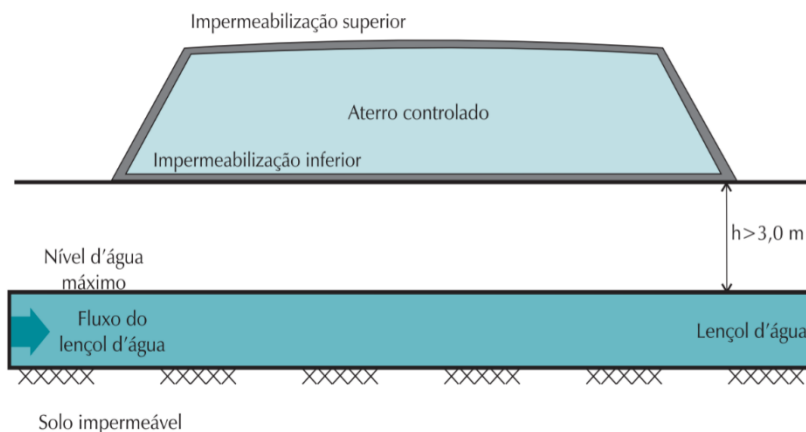
**Acetogênica:** Após a primeira fase, há a diminuição de oxigênio, iniciando a fase acetogênica, que pode durar alguns anos. Nesta fase predominam os microrganismos anaeróbios facultativos, que podem utilizar oxigênio, mas, preferencialmente não o utilizam no processo de degradação de matéria orgânica. Esses microrganismos são chamados de bactérias acetogênicas. Essas bactérias realizam primeiramente hidrólise e liquefação, seguido de fermentação. São produzidas quantidades consideráveis principalmente de ácidos graxos voláteis, como o ácido acético, e grandes quantidades de nitrogênio amoniacal. A presença desses ácidos diminui o pH do líquido para valores entre 4 ou 6, ajudando a solubilizar materiais inorgânicos. Nessa fase, devido ao baixo valor do pH, há o favorecimento de liberação de amônia (NH<sub>3</sub>), ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) e outros gases que causam mau odor e, também há uma alta demanda de DBO. O chorume nessa fase tem valores de 10 g/L

**Metanogênica:** Nessa fase há o consumo dos ácidos formados na fase acetogênica por bactérias exclusivamente anaeróbias, aumentando o valor do pH para 7, aproximadamente. O

ph neutro favorece a reprodução desses microrganismos considerados bastante sensíveis, ou seja, qualquer acúmulo de ácidos pode provocar uma queda brusca no número de bactérias arqueas metanogênicas. As arqueas metanogênicas são responsáveis pela produção de gás metano ( $CH_3$ ) e gás carbônico ( $CO_2$ ). Nessa fase há uma diminuição de DBO.

Para garantir que o volume de chorume gerado seja o menor possível é conveniente que a quantidade de água da chuva que entra no aterro seja baixa. Isso pode ser atingido utilizando-se material argiloso para produzir a camada de cobertura provisória e executando-se uma camada de impermeabilização superior quando o aterro atinge sua cota máxima operacional. Também é conveniente que a área de implantação do aterro controlado tenha um lençol freático profundo (Figura 1), a mais de três metros do nível do terreno. Normalmente, um aterro controlado é utilizado para cidades que colem até 50t/dia de resíduos urbanos, sendo desaconselhável para cidades maiores (MONTEIRO et al., 2001).

Figura 1 - Seção transversal de um aterro controlado.



Fonte: Monteiro et al. (2001).

O aterro controlado pode apresentar diversos problemas que estão associados aos lixões, apesar de minimizar os impactos ambientais. A geração de chorume, como foi citado anteriormente e a geração de voláteis e gases a partir da decomposição dos resíduos, sendo um dos maiores geradores de gás metano, juntamente com tratamento anaeróbio de esgotos domésticos e efluentes industriais (ENSINAS, 2003).

Esse método é preferível ao lixão, pois impede a proliferação de animais e a presença de catadores no local, uma vez que os resíduos encontram-se cobertos mas, devido aos



problemas ambientais que causa e aos seus custos de operação, é inferior ao aterro sanitário (FILHO, 2005).

#### **4.6 Aterro Sanitário**

O aterro sanitário é uma obra de engenharia projetada para garantir a finalidade de resíduos sólidos gerados por atividades urbanas prezando não causar danos ao meio ambiente e à saúde pública. No aterro sanitário acontecem diversas reações químicas e biológicas, como emissões de biogás, geração de efluentes líquidos, como os lixiviados, e formação de resíduos mineralizados (húmus). Por apresentar melhor relação custo-benefício é considerado uma das técnicas mais apropriadas e confiáveis para o descarte de rejeitos (ELK, 2007).

A escolha de uma área onde possa se desenvolver um projeto de um aterro sanitário, trata-se de uma tarefa difícil. Para a fundação de um projeto como este é necessário que se tenha espaço suficiente próximo as áreas de geração de resíduos, porém locais com essas características geralmente já foram alcançadas pelo processo de urbanização, associado a utilização intensiva do solo (MONTEIRO et al., 2001).

Elaborar um projeto de aterro sanitário necessita do atendimento de diversos parâmetros presentes na Associação Brasileira de Normas Técnicas. A NBR 8419 define condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Os projetos apresentados devem ser obrigatoriamente constituídos por memorial descritivo, memorial técnico, cronograma de execução e estimativa de custos, desenhos e eventuais anexos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

Segundo Elk (2007) Assim como os aterros de resíduos sólidos urbanos necessitam de normas, aqueles que tratam os resíduos perigosos também devem seguir algumas diretrizes para o seu desenvolvimento, que estão presentes nas normas a seguir:

- NBR 8418 / NB 842: apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos – Procedimento.
- NBR 10157 / NB 1025: apresentação de projetos de aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação.
- NBR 13896: apresentação de projetos de aterros de resíduos não perigosos-Critérios para projeto, implantação e operação – Procedimento.

A Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 institui a elaboração de aterros sanitários ao lugar de aterros controlados ou lixões, porém todo aterro sanitário necessita de licenciamento ambiental dos órgãos competentes, como foi afirmado na citação abaixo, de Carneiro et al. (2017):

No Brasil, a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos em aterros sanitários é preconizada pela Lei Federal Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Conforme a Resolução CONAMA Nº 237 de 19 de dezembro de 1997, a localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente. Os critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterros sanitários de pequeno porte, aqueles cuja disposição diária é de até 20 ton. por dia, são definidos pela Resolução CONAMA Nº 404, de 11 de Novembro de 2008. Para aterros sanitários com disposição diária superior a 20 ton. O licenciamento ambiental deve ser precedido da elaboração do EIA – Estudo de Impacto Ambiental e do respectivo RIMA – Relatório de Impacto Ambiental. A aprovação do EIA/RIMA e realização de audiências públicas para tomadas de decisão é de responsabilidade do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA [...] (CARNEIRO et al, 2017, p. 2).

A licença ambiental visa especificar o tipo de aterro a ser construído, se trata-se de um aterro de pequeno, grande ou médio porte. Como foi lembrado por Carneiro et al. (2017), na citação acima, os aterros de pequeno porte possuem capacidade diária para no máximo 10 toneladas, aterros de médio porte possuem capacidade de 10 a 70 toneladas por dia, e aterros sanitários de grande porte possuem capacidade diária de aterramento acima de 70 toneladas diárias de lixo. Para saber se a vida útil esperada e a infraestrutura de apoio ao aterro condiz com o projeto, são necessárias estas especificações, uma vez que o licenciamento exige que seja apresentado no projeto sistema de drenagem, coleta e tratamento do chorume, drenagem do biogás, drenagem de águas pluviais, dimensionamento das células lixo/terra, fixação da impermeabilização de fundo aterro para iniciar a operação, dimensionamento da cobertura final do aterro com declividade já pré-definida, nível de compactação do aterro (TEXEIRA, [21]).

Quanto ao projeto do aterro, existem etapas principais para o seu desenvolvimento, sendo estudos preliminares a primeira delas. Nesta fase acontece a coleta e análise de dados, que possam colaborar na concepção da caracterização de resíduos sólidos gerados na região, principais fontes produtoras, projeções de crescimento populacional e nas taxas de geração de resíduos e diretrizes previstas no Plano Diretor de Limpeza Urbana e no EIA/Rima (NUNES,1994).

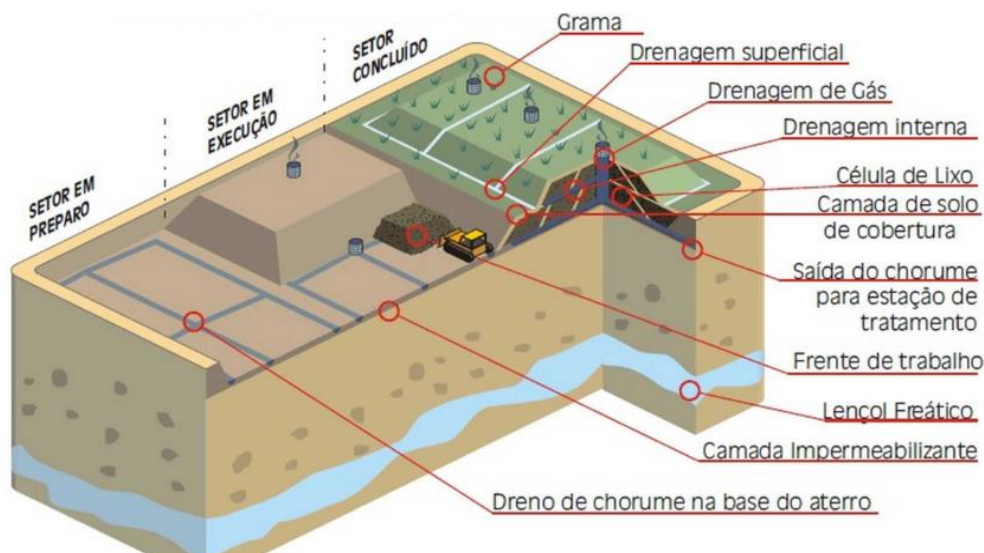
A segunda etapa trata-se da escolha da área. A baixa densidade populacional é uma das características convenientes para implantação de um aterro sanitário, além da distância de corpos de água, o baixo custo do terreno, a proximidade a vias de acesso, o baixo potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas e um subsolo com alto teor de argila (ROCCA, 2016).

O processo de seleção de áreas para a construção de aterros sanitários é considerado um procedimento complexo, pois envolve elementos do meio físico (abiótico), biótico e socioeconômico. Desejando facilitar esse trabalho, pesquisadores e instituições vêm desenvolvendo métodos de seleção de áreas nos últimos anos, alavancados em particular pelo uso de sistemas de informações geográficas (SIGs), que permitem combinações complexas de fatores por meio do uso de geoestatística e geomatemática (LINO, 2007).

Segundo Obladen (2009), devem ser considerados prioritariamente os seguintes elementos no projeto de um aterro sanitário:

- Sistema de drenagem de águas superficiais: Deve ser previsto em toda construção de aterros o sistema de drenagem de águas superficiais, proporcionando o desvio de águas que tenderiam a infiltrar nos resíduos, provocando a lixiviação de poluentes para o aquífero, bem como a coleta e o desvio das águas que precipitam diretamente sobre o aterro.
- Impermeabilização: a impermeabilização do aterro, de acordo com as condições, pode ser na superfície superior ou inferior ou em ambas as superfícies do aterro. Em casos de impermeabilização apenas da superfície inferior, deve-se ser previsto um sistema de coleta, remoção e tratamento de líquidos percolados.
- Sistema de Coleta e Remoção de Líquidos percolados: deve ser construído sempre que houver a possibilidade de que líquidos percolados através dos resíduos (águas externas infiltradas ou líquidos contidos no próprio resíduo) possam chegar ao aquífero, devido a circunstâncias geológicas insuficientes e houver a possibilidade de tratamento ou destinação adequada, estes líquidos devem ser coletados e removidos.

Figura 2 - Corte da seção de um aterro sanitário.



Fonte: Portal de Resíduos Sólidos- PRS (2013).

Na ilustração acima (Figura 2) estão representados os elementos constituintes de um aterro sanitário.

Segundo a NBR 8419 (1992), aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos é uma técnica para disposição de resíduos no solo, sem provocar danos à saúde pública e à sua segurança, confinando os resíduos à menor área possível e reduzindo-os ao menor volume permissível, utilizando princípios de engenharia e cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

#### 4.7 Medidas Mitigadoras em Lixões

O "lixão" não é a melhor forma de se dispor os resíduos sólidos urbanos porque provoca uma série de impactos ambientais negativos, contaminando o meio ambiente. Portanto, para que tais impactos sejam minimizados os lixões ou vazadouros devem passar por recuperação ambiental (Monteiro et al., 2001).

Na maioria das vezes os lixões são construídos em locais impróprios para degradação de matéria orgânica, porém, existem áreas que apresentam boas condições apesar de não ser selecionadas com nenhum critério de engenharia. Nestes casos pode-se construir um aterro sanitário no local, desde que, por meio de licença ambiental, seja precedida da construção a recuperação de área como consta no Atg 1º do CONAMA 308/02 (ELK, 2007).

Uma das vantagens em utilizar essa alternativa, apesar de apresentar custos mais elevados, tempo e dificuldade de execução maiores e operação mais complexa, é, por exemplo, a utilização do mesmo local já degradado pelo lixão, não criando novos impactos em novas áreas. Em diversos casos, os municípios encontram dificuldades para desenvolver um aterro em uma nova área por apresentarem áreas com restrições geológicas/hidrogeológicas, áreas metropolitanas altamente urbanizadas, ou estarem inseridos em áreas de proteção ambiental (NOGUEIRA, 2015).

Segundo Elk (2007) existem algumas recomendações gerais, para o controle dos lixiviados e de caráter social que devem ser tomadas, após o encerramento de lixões:

#### **Recomendações Gerais**

- Delimitação da área, que deve ser cercada completamente para impedir a entrada de animais e pessoas;
- Realização de sondagens para definir a espessura da camada de lixo ao longo da área degradada;
- Limpeza da área de domínio;
- Movimentação e conformação da massa de lixo: os taludes devem ficar com declividade de 1:3 (V:H);
- Cobertura final dos resíduos expostos com uma camada de solo argiloso de 0,50 m de espessura e uma camada de solo vegetal de 0,60 m de espessura sobre a camada de argila;
- Promoção do plantio de espécies nativas de raízes curtas, preferencialmente gramíneas (ELK, 2007, p. 25).

#### **Recomendações para o controle dos lixiviados, dos gases e das águas superficiais**

- Construção de valetas para a drenagem superficial ao pé dos taludes em toda a área;
- Execução de um ou mais poços verticais para a drenagem de gases; aproveitamento dos furos de sondagens e implantação de poços de monitoramento (sendo no mínimo dois a montante do lixão recuperado e dois a jusante);
- Instalação de poços a montante e a jusante do lixão para averiguação da qualidade da água; monitoramento das águas superficiais (ELK, 2007, p. 26).

#### **Recomendações de caráter social**

- Promoção do cadastramento dos catadores, de forma a conhecer o perfil de cada um;
- Estudo e implantação de alternativas de emprego e renda para os catadores, retirando-os da frente de trabalho irregular e insalubre.
- Tanto para aterros sanitários como para antigos lixões, deve-se considerar a possibilidade de captação do biogás para queima em flares e/ou aproveitamento energético, para que sejam vendidos como créditos de carbono através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (ELK, 2007, p. 26).

A partir da citação acima, é possível perceber que seguir apenas uma das recomendações não é o suficiente. Existem diversos procedimentos que quando associados um ao outro proporcionam maior eficácia. A remoção dos resíduos e seu transporte para outro local, previamente preparado, seguido pela recuperação da área escavada com solo natural e vegetação com espécies da região, preferencialmente gramíneas, é uma das técnicas utilizadas na recuperação de áreas. Porém, a remoção de resíduos só executável quando a quantidade de resíduos a ser removida e transportada não é muito elevada, pois essas atividades representam grandes custos e dificuldades operacionais, que podem tornar o processo economicamente inviável (LANZA et al., 2010).

Outro método utilizado é a recuperação parcial, que deve ser composta de dois projetos, um conceitual e um executivo. Os resultados são bem satisfatórios em relação à mitigação dos impactos ambientais, por isso, é a solução normalmente adotada por municípios com mais recursos humanos e financeiros (NOGUEIRA, 2015).

Existem três exemplos de soluções que ilustram a recuperação parcial de lixões, segundo Lanza et al. (2010):

- Alternativa 1: Considerando a rapidez de execução, a simplicidade executiva e os menores custos, é a alternativa de concepção mais simples.
- Alternativa 2: Essa alternativa é de concepção mediana, considerando principalmente os aspectos de custo, facilidade operacional e prazo de execução.
- Alternativa 3: Essa alternativa é a de concepção técnica mais severa e de probabilidade de melhores resultados, porém acarretando aumento no tempo de execução, na dificuldade executiva e nos custos.

A recuperação de áreas degradadas deve ser realizada de forma multidisciplinar, por profissionais competentes em diversas áreas como a engenharia, biologia, sociologia, química, dentre outras. Com profissionais qualificados, capazes de avaliar o maior número de variáveis e entender os impactos de uma forma holística a recuperação terá índices satisfatórios (COELHO; SALES, 2018).

## 4.8 Solo

Segundo Teixeira (2008), o solo é originado do intemperismo físico e químico das rochas e também pelo transporte de material alterado ao longo do tempo. Estes processos formam um material heterogêneo e estruturado, composto por fases distintas que interagem e têm as mais diversas composições químicas e propriedades diferentes, como minerais diversos, ar, solução aquosa e matéria orgânica. O solo é um sistema dinâmico e multifásico, em constantes transformações e dependente da rocha matriz, clima, relevo, vegetação.

A formação do solo se dá pela união de cinco fatores: clima, relevo, material de origem, natureza dos organismos e tempo. O clima, a natureza dos organismos, o relevo e material de origem, ao longo do tempo imprimem o processo de sucessão por meio de profundidade, composição, propriedades e os horizontes do solo. Os horizontes são formados por meio de lixiviação da água. As partículas maiores permanecem na parte superior, enquanto as mais finas, juntamente com sais minerais, são levadas para maiores profundidades (BRAGA et al., 2005).

Os minerais que compõem o solo podem ser divididos em dois grupos, minerais de alta temperatura e de baixa temperatura, chamados respectivamente de primários e secundários. Dentre os minerais primários mais comuns, tem-se o quartzo e o feldspato, em geral têm origem de rochas ígneas e metamórficas e costumam manter sua estrutura como se encontravam na rocha. Os minerais secundários originam-se da mutação dos primários, sendo os mais comuns os argilominerais: caulinita, vermiculita e as esmectita e os óxidos, hidróxidos e oxidróxidos como: Fe, Mn, Al e T (TEIXEIRA, 2008).

Segundo Clemente (2001), os solos formados na região sul e sudeste possuem predominantemente coloração avermelhada, que deve-se a presença de argila. Na fração argila podem ocorrer os argilominerais, responsáveis pela grande produtividade agrícola. Contudo, nos lixões o solo pode ser o fator limitante na recuperação de áreas, em caso de fitorremediação, uma vez que a camada de material inerte, que cobre os resíduos, geralmente possui pouca espessura, dificultando a penetração das raízes das plantas (MELO JÚNIOR et al., 2015).

A maioria das reações que ocorrem na fração mineral da argila e na matéria orgânica coloidal são fenômenos de superfície, tais como: a adsorção e a dessorção de íons ( $H^+$  e  $OH^-$ ) e a dispersão e floculação de colóides. Esses íons são responsáveis pelo pH do solo (WEBER et al., 2005). A variação do pH dos solos é de 3 a 10, no Brasil sendo de 4 a 7,5, no território nacional cerca de 70% dos solos cultivados enfrentam problemas relativos à acidez. Tanto em

solos de elevada alcalinidade, quanto os de elevada acidez, o percentual de nutrientes disponíveis diminui (KOKOVICH; RIBEIRO JUNIOR, 2008).

O pH é definido como concentração de íons hidrogênio presentes em uma solução e é classificado como neutro quando possui valores =7, pois permite que os íons hidrogênio sejam neutralizados pelos íons hidroxila, logo  $\text{pH} < 7$  é considerado ácido e  $>7$  básico (MONTEIRO,2011).

O grau de acidez é uma variável de suma importância, pois afeta uma ampla gama de propriedades químicas e biológicas do solo. A disponibilidade dos elementos que devem ser absorvidos pelas raízes é influenciada por esta variável química, sejam estes nutrientes ou toxinas como metais pesados. O pH determina inclusive o tipo de flora bacteriana que se desenvolve no local, e além disso, há vezes em que a própria acidez pode ser um poluente ambiental, contaminando a água e levando peixes a morte, por exemplo (BRADY; WEIL, 2009).

Por sua vez, a matéria orgânica é um componente importante do solo e trata-se de uma grande variedade de substâncias orgânicas como: organismos vivos, restos de organismos e compostos orgânicos. A matéria orgânica disponível no solo é removida na forma de  $\text{CO}_2$ , produzido pela respiração de microrganismos (BRADY; WEIL, 2009).

#### **4.8.1 Características Morfológicas do Solo**

São características presentes e observáveis nos solos que permitem distinguir um determinado tipo de solo dos demais. Algumas características rotineiramente observadas na descrição morfológica de solos são:

##### **4.8.1.1 Textura**

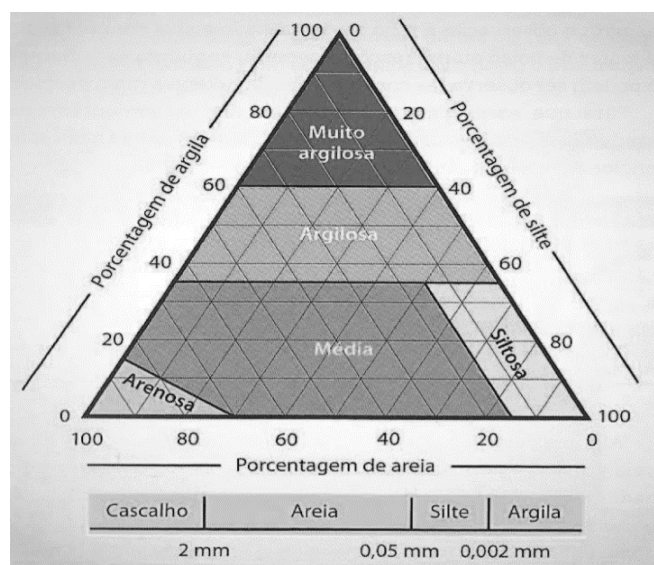
É representada pela proporção de componentes minerais (areia, silte e argila) que formam o solo e tem grande influência no comportamento físico-hídrico e químico do solo, sendo este o motivo da sua avaliação para o uso de manejo dos solos (EMBRAPA, 1999).

Segundo Lepsch (2002), a classe de textura pode ser determinada por intermédio dos diagramas triangulares. Raramente um perfil de solo é formado somente por uma única fração granulométrica, mas sim da união das três (areia, silte e argila), que define a classe de textura.



A determinação da classe de uma textura pode ser realizada tanto no campo quanto em laboratório, sendo que o método de campo consiste na fricção de uma amostra úmida, seguida da verificação da diferença de tato. A Figura 3 mostra um diagrama triangular generalizado para a determinação textural de um solo.

Figura 3 - Diagrama triangular generalizado para a determinação dos cinco principais grupamentos de texturas do solo.



Fonte: LEPSCH, 2002.

#### 4.8.1.2 Densidade

A densidade depende primariamente da composição química e composição mineralógica do solo. É a relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume de sólido, sendo assim, não considera a porosidade do solo e não se altera com o manejo (REINERT; REICHERT, 2006).

#### 4.8.1.3 Porosidade

A porosidade do solo representa o volume total em um determinado volume de solo passível de ser ocupada por água e/ou ar. A porosidade está diretamente relacionada com a circulação de água no solo, ou seja, os poros podem estar conectados uns aos outros, por isso o conhecimento da porosidade total é importante, para se entender o movimento e a retenção de

água, ar e solutos no solo, entre outros aspectos. A porosidade pode ser mensurada através da saturação com água de uma amostra de solo de volume conhecido. Assume-se a densidade da água igual a  $1.000 \text{ Kg m}^{-3}$ , e a massa de água obtida pela diferença do solo saturado e do solo seco em estufa, por pesagem em balança semianalítica, igual a seu volume (TEIXEIRA, 2017).

#### **4.8.1.4 Permeabilidade**

Permeabilidade é a propriedade associada a condução de fluidos através dos vazios do solo. Pode ser mensurada através do coeficiente de permeabilidade, que por sua vez é medido de forma direta ou indireta em laboratório ou a campo, ou de forma empírica por meio de correlações (LIMA, 2014).

Segundo Jesus (2012), dentre os fatores que podem influenciar a permeabilidade, estão: granulometria, índice de vazios, composição mineralógica, estrutura, natureza do fluido, tipo de fluxo, forma e textura das partículas e a temperatura.

### **4.8.2 Parâmetros de Qualidade do Solo**

#### **4.8.2.1 Nitrogênio Total, Nitrito, Nitrato e Nitrogênio Amoniacal**

Segundo Stevenson (1999) citado por Fávoro (2014), a decomposição de resíduos libera carbono, nitrogênio e outros componentes. Parte desses elementos retornam à atmosfera na forma de gás ( $\text{CO}_2, \text{NH}_3$ , etc), parte é imobilizada pelos microrganismos decompositores e a outra parte fica disponível para as plantas e o restante é perdido por lixiviação ou usado para a produção de substâncias húmicas. A grande disponibilidade de nitrogênio em locais adjacentes a depósitos de lixo foi comprovada por autores como Santana e Encinas (2005).

A amônia é formada nas primeiras fases de decomposição anaeróbia. Essa afirmação é possível, pelo conhecimento do ciclo do nitrogênio na decomposição da matéria orgânica. Após a formação de amônia surgem os nitritos e (Tabela 1) não havendo interrupção do processo formam-se os produtos mais estáveis – os nitratos (COSTA, 2002).

A principal fonte de nitrogênio nos lixiviados são de origem vegetal e animal, pois é constituinte dessas proteínas. Possui uma concentração típica de  $200 \text{ mgN/L}$ , podendo alcançar valores acima de  $3000 \text{ mgN/L}$ . Outras fontes possíveis de nitrogênio são fertilizantes, produtos

de limpeza, carnes conservadas com amônia e produtos para a conservação de madeira (FLEK, 2003).

Tabela 1 - Definição dos termos empregados a cada espécie de nitrogênio.

Formas do Nitrogênio	Fórmula Química	Definição
Amônia Gasosa	$NH_3$	---
Íon Amônio	$NH_4^+$	---
Íon Nitrito	$NO_2^-$	---
Íon Nitrato	$NO_3^-$	---
Nitrogênio Kjeldahl	---	N orgânico + $NH_3$ + $NH_4^+$
Nitrogênio Amoniacal Total	---	$NH_3$ + $NH_4^+$

Fonte: Metcalf e Eddy, (2003).

Segundo Rodrigues (2004) o alto teor de amônia no chorume lhe confere um alto grau de toxicidade, pois é nociva não somente para organismos naturais dos ecossistemas, mas também para as bactérias responsáveis pela degradação e estabilização de substratos. A amônia pode ser encontrada de duas formas, forma livre ( $NH_3$ ) ou ionizada ( $NH_4^+$ ), dependendo do pH do meio (RODRIGUES, 2007).

O nitrogênio pode ser encontrado como nitrogênio amoniacal, orgânico, nitrito e nitrato (FÁVARO, 2014). As espécies de amônia (livre e ionizada), são intercambiáveis e a soma de suas concentrações constitui a amônia total ou nitrogênio amoniacal total (REIS; MENDONÇA, 2009).

Segundo De Souza e Luna et al. (2013), o nitrato é uma das formas inorgânicas do nitrogênio e é considerado um dos íons prejudiciais à saúde juntamente com o amônio, constituindo o produto final da mineralização do nitrogênio orgânico, contido em qualquer resíduo orgânico após adição ao solo. Por ser repelido pelas partículas do solo que geralmente apresentam carga elétrica negativa esse ânion permanece livre na solução do solo.

#### 4.8.2.2 Fósforo

A quantidade de fósforo presente no solo varia com equilíbrio que se estabelece entre o fósforo em solução na fase líquida e o fósforo sorvido na fase sólida do solo. A predisposição do solo em absorver fósforo, está diretamente relacionada aos seus constituintes da fase sólida, pH e determinados íons. Contudo, de uma forma geral, os níveis de fósforo no solo são

considerados baixos, por isso, a utilização de adubos fosfatados e de resíduos orgânicos provenientes da atividade pecuária com o objetivo de aumentar a disponibilidade em nutrientes no solo, aumentam a produção agrícola (HORTA; TORRENT, 2010).

Apesar do seu potencial fertilizante, quando mobilizado por lixiviação ou escoamento superficial, o acúmulo do fósforo pode levar a eutrofização de águas superficiais. A eutrofização é o enriquecimento excessivo da água por nutrientes, em especial nitrogênio e fósforo. Os nutrientes favorecem o crescimento excessivo de algas e plantas, que consomem O<sub>2</sub> do meio aquático, levando a morte dos peixes, a formação de gases tóxicos e de odores desagradáveis (KLEIN; AGNE, 2012).

#### **4.8.2.3 Elementos Traços**

O dinamarquês Niels Bjerrum definiu o termo “metais pesados” pela primeira vez em 1936, como elementos metálicos com densidade maior que outros metais (BAIRD, 2002). Metais pesados são elementos que possuem volumes atômicos pequenos, e em consequência, densidade absoluta ou massa específica altas (igual ou acima de 5 g/cm<sup>3</sup>) (ANDRADE, 2011). O termo elemento traço é mais apropriado do que “metal pesado”, pois trata-se de um metal encontrado em baixa concentração, frações de parte por milhão (ppm), ou menos, em algumas fontes específicas, tais como solos, plantas, tecidos, água subterrânea, etc (SOUZA, 2009).

No solo, os metais pesados são nutrientes essenciais para o desenvolvimento e crescimento das plantas, como ferro, zinco e magnésio, porém, quando em grande quantidade, acabam se tornando danosos (BARREIRA, 2005). A principal fonte de metais pesados em aterros e lixões é a geração de chorume, que ocorre a partir da decomposição da matéria orgânica presente em resíduos sólidos. É comum a presença de altas concentrações de metais em lixiviados, principalmente em aterros mais antigos. A Tabela 2 mostra alguns íons que podem ser encontrados no chorume e as suas prováveis fontes (RODRIGUES, 2004).

Tabela 2 - Íons que podem ser encontrados no chorume e possíveis fontes.

Íons	Fontes
Na, K, Ca, Mg	Material orgânico, entulhos de construção, cascas de ovos
P, N, C	Material Orgânico
Al	Latas descartáveis, cosméticos, embalagens laminadas em geral
Cu, Fe, Sn	Material eletrônico, latas, tampas de garrafas
Hg, Mn	Pilhas comuns e alcalinas, lâmpadas fluorescentes
Ni, Cd, Pb	Baterias recarregáveis (celular, telefone sem fio, automóveis)
As, Sb, Cr	Embalagens de tintas, vernizes, solventes orgânicos
Cl, Br, Ag	Tubos de PVC, negativos de filmes e raio-X

Fonte: Rodrigues (2004).

#### 4.9 Recurso Hídrico

A água é uma das substâncias mais comuns e abundantes que existem na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície da Terra. A água possui como estado mais comum o estado líquido, que por intermédio do ciclo hidrológico, renova-se continuamente (BRAGA et al., 2005).

Segundo Braga et al. (2005), além dos problemas relacionados a quantidade de água, existem as doenças relacionadas à contaminação. A Organização Mundial de Saúde (OMS) atesta que grande parte das pessoas não têm acesso a água potável em condições básicas para consumo.

É conveniente destacar a diferença entre poluição e contaminação. Poluição, do ponto de vista sanitário, é a alteração das propriedades físicas, químicas, radiológicas ou biológicas naturais do meio ambiente (ar, água e solo), causada por qualquer forma de energia, por qualquer substância independentemente do seu estado físico, ou a combinação de elementos, que em níveis tóxicos sejam capazes de causar danos a fauna, a flora, às populações e criar condições impróprias para cultivo e/ou desenvolvimento industrial, etc. A contaminação está relacionada diretamente a poluição das águas, pois é definida como o lançamento de elementos que sejam nocivos para a saúde do homem, para vegetais, bem como de vegetais que consomem esta água (HELLER; PÁDUA, 2006).

Pode-se dizer que a adição de substâncias ou de formas de energias, alteram as características da água, causando poluição de forma direta ou indireta. A poluição pode ser

difusa ou pontual. A poluição difusa acontece pela água da chuva que transporta contaminação de um lugar para o outro. Já a poluição pontual refere-se a ações localizadas. É o caso, por exemplo, de efluentes de uma estação de tratamento de esgotos domésticos ou industriais, ou mesmo o lançamento de lixiviados originários do tratamento do chorume de lixões e/ou aterros de resíduos sólidos (LAUERMANN, 2007).

#### **4.9.1 Caracterização da Qualidade da Água**

A qualidade da água é dependente de seus parâmetros físicos, químicos e biológicos. Os parâmetros de qualidade podem ser utilizados de uma forma geral, tanto para águas de abastecimento, águas residuais, mananciais, quanto para corpos receptores (CARVALHO, 2001).

Segundo Lauer mann (2007), os principais parâmetros físicos são: cor, turbidez, sabor, odor e temperatura. Os químicos: pH, dureza, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes orgânicos e micropoluentes inorgânicos como os metais pesados (zinco, cromo, cádmio, etc). E por fim, são analisados sob o ponto de vista de organismos indicadores, como algas e bactérias, os parâmetros biológicos.

##### **4.9.1.1 Parâmetros de Qualidade da Água**

No Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) em sua Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 decretou exigências quanto aos parâmetros de qualidade para o enquadramento dos corpos de água, bem como estabeleceu as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005). A Resolução 357 do CONAMA estipula valores máximos e mínimos para diversas variáveis em sistemas de água doce, salobra e salina, como mostra a Tabela 3 (CUNHA et al., 2013).

Outra forma de se monitorar a qualidade das águas é por meio de índices, denominados Índices de Qualidade de Água (IQA). De forma geral, o IQA é um número adimensional que demonstra a qualidade da água para os diversos usos. Esse número é obtido da combinação de dados físicos, químicos e bacteriológicos, por meio de metodologias próprias (CARTERI CORADI et al., 2009).

Nos últimos anos, várias ferramentas têm sido propostas para avaliação da qualidade da água e uma das mais utilizadas é o Índices de Qualidade da Água (IQA). Os IQAs têm sido empregados na avaliação da qualidade da água, em países desenvolvidos ou emergentes, por serem ferramentas práticas e de baixo custo (LIMA; ALVES, 2017).

Tabela 3 - Alguns limites superiores ou inferiores, dependendo do caso, para algumas variáveis em ambientes aquáticos de água doce de Classes 1, 2, 3 ou 4 (Resolução CONAMA 357/2005).

Variável	Natureza do limite	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
PT (mg.L <sup>-1</sup> )	Superior	0,02 - 0,10 <sup>a</sup>	0,03 - 0,10 <sup>a</sup>	0,05 - 0,15 <sup>a</sup>	B
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	Inferior	6	5	4	2
NO <sub>3</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	Superior	10,0	10,0	10,0	B
Turb (UT)	Superior	40	100	100	B
DBO <sub>5,20</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	Superior	3	5	10	B

PT: fósforo total; OD: oxigênio dissolvido; NO<sub>3</sub>: nitrato; Turb: turbidez; DBO<sub>5,20</sub>: Demanda Bioquímica de Oxigênio; <sup>a</sup> O limite varia para ambientes lênticos, lóticos, intermediários e tributários diretos de sistemas lênticos. <sup>b</sup> Não há limite. Fonte: (CUNHA et al.,2013).

A utilização de indicadores de qualidade de água está baseada no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais. Quando se trata de águas superficiais, para uma interpretação ecológica e/ou para estabelecer um monitoramento, é necessário a utilização de métodos simples e capazes de filtrar informações de formas objetivas e interpretáveis, a partir de critérios peculiares que levem em consideração as características dos recursos hídricos. A partir do monitoramento de águas superficiais é possível inspecionar os recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

O IQA possui categorias que mudam conforme o estado, e seu cálculo é realizado através do produto ponderado dos valores de qualidade para cada parâmetro levando em consideração os respectivos pesos. O cálculo necessita de nove parâmetros (pH, turbidez, oxigênio dissolvido, DBO (5,20), sólidos totais, temperatura da água, fósforo total, coliformes termotolerantes e nitrogênio total) e a falta de um deles pode inviabilizar o seu uso (VERÍSSIMO, 2012).

#### **4.9.1.1.1 Turbidez**

A turbidez pode ser definida como a presença de sólidos suspensos na água, que dificultam a passagem de luz. Por sua vez, a turbidez elevada pode levar a dificuldade da realização de fotossíntese pelas plantas e influenciar na produtividade de peixes (LAUERMANN, 2007).

#### **4.9.1.1.2 Temperatura**

Segundo Glória et al. (2017) a temperatura tem influência nas reações químicas e biológicas da água e tem duas origens, sendo a primeira de ordem natural e a segunda por ações antrópicas de aquecimento ou resfriamento.

#### **4.9.1.1.3 Oxigênio Dissolvido**

O Oxigênio Dissolvido é um dos parâmetros com maior relevância, por expressar muito bem a qualidade da água de um ambiente aquático. Os teores de oxigênio dissolvido na água são influenciados por fatores como temperatura, pressão e salinidade, sendo necessários teores mínimos para a manutenção da vida aquática. Em condições de falta de oxigênio, alguns compostos químicos tornam-se solúveis e podem ser assimilados por organismos. Em condições de maior concentração de oxigênio esses compostos tornam-se novamente insolúveis e permanecem precipitados (FUNASA, 2014).

#### **4.9.1.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>)**

É utilizado para indicar a presença de matéria orgânica na água. Partindo do princípio que a matéria orgânica é a responsável pela poluição das águas, diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido pelo consumo das bactérias. O Parâmetro de DBO indica o consumo ou a demanda de oxigênio contida na amostra. A estabilização completa da matéria orgânica, convencionalmente é de cinco dias, a uma temperatura de 20° (FUNASA, 2014).

#### **4.9.1.1.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)**



Indica a quantidade de íons  $H^+$ , representando a condição de acidez da água. Tem como fontes naturais: dissolução de rochas, absorção de gases na atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. Origem antrópica: despejos domésticos (oxidação da matéria) e despejos industriais (lavagem ácida de tanques) (VON SPERLING,1996).

#### **4.9.1.1.6 Nitrogênio**

Na água, o nitrogênio pode ser encontrado de diversas formas: nitrogênio molecular (escapando para a atmosfera), nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), amônia (livre  $NH_3$  e ionizada  $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ). A detecção de nitrato, torna-se importante porque está associado a doenças como a metahemoglobina. O nitrogênio quando em concentrações elevadas, em lagos e represas, pode elevar ao crescimento desordenado de algas, processo denominado como eutrofização (VON SPERLING,1996).

#### **4.9.1.1.7 Fósforo**

Segundo Von Sperling (1996), o fósforo não apresenta nenhum problema na ordem sanitária para abastecimento, porém, assim como o nitrogênio, é um nutriente essencial para o crescimento de algas, em concentrações elevadas, pode elevar o crescimento desses organismos. Pode ter duas fontes de origem: natural (dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica, fósforo de composição celular de microrganismos) e antrópica (despejos domésticos, despejos industriais, detergentes, fertilizantes e excrementos de animais).

#### **4.9.1.1.8 Condutividade Elétrica**

A condutividade elétrica da água aponta a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se desintegram em ânions e cátions. Quanto maior a concentração de íons da solução, maior a ocorrência de ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica. A unidade mais recomendável para condutividade é a utilização da unidade S (Siemens). As águas naturais apresentam teores

de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (FUNASA, 2014).

#### **4.9.1.1.9 Coliformes Totais**

Segundo Conte, Colombo e Salvador (2004), os coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não esporogênicos, oxidase-negativos, fermentadores de lactose com produção de gás a  $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  em 24-48 horas. Estes coliformes fazem parte da microbiota residente do trato gastrointestinal do homem e de alguns animais, porém a sua presença não é um indicativo de contaminante fecal, já que este grupo contém bactérias não entéricas.

#### **4.9.1.1.10 Sólidos Totais**

Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma: em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos). Os sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas vulneráveis a retenção por processos de filtração, já os sólidos dissolvidos são partículas de diâmetro inferior a  $10^{-3} \mu\text{m}$  e que permanecem dissolvidos mesmo após a filtração. A presença de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antrópicas (lançamento de lixo e esgotos). Apesar de os parâmetros turbidez e sólidos totais estarem associados, eles não são diretamente equivalentes. Uma pedra em um copo de água limpa, confere ao meio uma elevada concentração de sólidos totais, sendo que a sua turbidez pode ser praticamente nula. Para fins de abastecimento, o padrão de potabilidade refere-se apenas aos sólidos totais dissolvidos (limite: 1000 mg/L), pois esta parcela reflete a influência de lançamento de esgotos, além de afetar a qualidade organoléptica da água (FUNASA,2014).

#### **4.9.1.1.11 Análise de Fluorescência de raio-X (EDX)**

Segundo De Vives et al. (2002), a técnica de Fluorescência de raio-X é utilizada para análise elementar e é considerada altamente qualificada para a identificação de elementos. Muito utilizada em monitoramentos ambientais, esta técnica permite a determinação simultânea ou

sequencial da concentração de vários elementos, sem a necessidade de destruição da amostra, sem nenhum pré-tratamento químico (SILVA, 2016).

O princípio do método consiste na utilização de uma fonte de radiação para ionizar os níveis internos dos átomos constituintes da amostra, por efeito fotoelétrico. O equipamento detecta o raio-X característicos emitidos pela amostra e de forma qualitativa determina os elementos presentes no material (BOLZAN, 2015).

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Caracterização da Área de Estudo

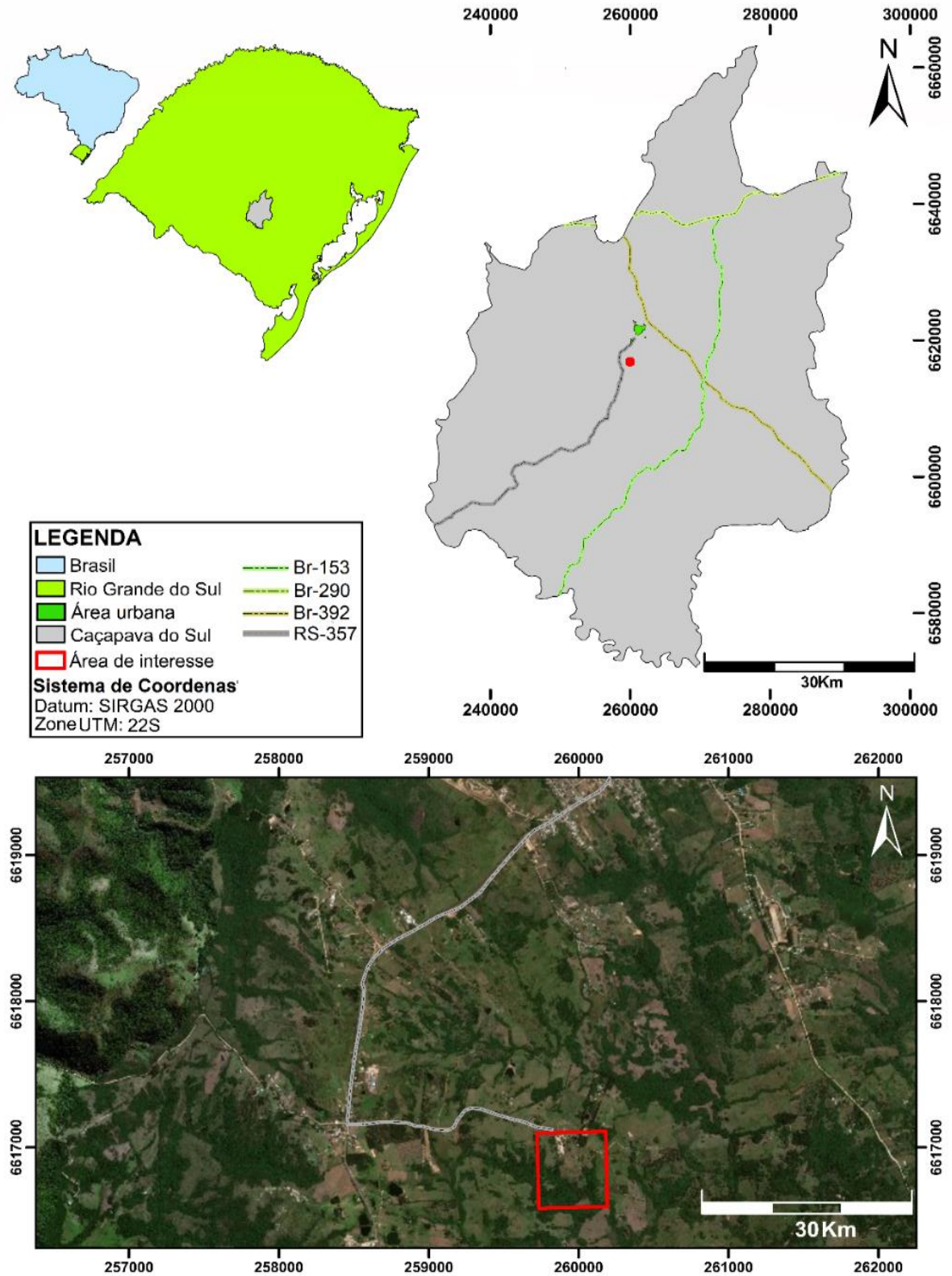
Com coordenadas UTM: Zona 22 J, 261706.95 N, 6621540.40 S, Caçapava do Sul está situada na região centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul. Distante 260 km da capital, é um dos municípios com maior extensão territorial do estado (3.047,113 km<sup>2</sup>). Segundo dados do último censo do IBGE realizado em 2018, possui aproximadamente, uma população de 33.702 pessoas.

Situado em uma área rural pertencente a prefeitura, com coordenadas UTM: Zona 22 J, 25.995955° N, 66.1687280° S, a sudoeste do centro de Caçapava do Sul, no 1º distrito, encontra-se a área do aterro controlado (Figura 4), na Vila do Segredo. O acesso até a área pode ser realizado a partir da RS-357.

Segundo dados fornecidos pelo Engenheiro Florestal da Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente, o aterro funcionou como lixão de dezembro de 1997 a dezembro de 2005. Durante estes 96 meses de atividades, o aterro recebeu cerca de 29.000 toneladas de resíduos sólidos urbanos. A área de disposição de resíduos consiste num sistema de cinco células ou valas, sequencialmente fechadas. As células foram impermeabilizadas em suas bases e possuem drenos para o escoamento por gravidade do chorume, que segue sentido à lagoa de decantação. O projeto inicial, não estabelecido, abrange um sistema de recirculação, ou seja, bombeamento dos efluentes da lagoa e reintrodução na área de resíduos aterrados (SANTOS et al., 2014).

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Caçapava do Sul, após seu encerramento, o aterro foi licenciado pela FEPAM para a atividade de Recuperação de Área Degradada por Resíduos Sólidos Urbanos. Os procedimentos tomados foram: aterramento das células de deposição de resíduos, revegetação com gramíneas e arbóreas nativas sobre e ao entorno das células, recuperação de taludes nas lagoas de tratamento de percolados, contorno do local com aramados, recuperação de bocas-de-lobo e do sistema de drenagem subterrâneo de captação de percolados e cortinamento com eucaliptos na porção sul das células.

Figura 4 - Localização da área de estudo no município de Caçapava do Sul.



Fonte: CPRM- Serviços Geológicos do Brasil (2019); Google Earth (2018).

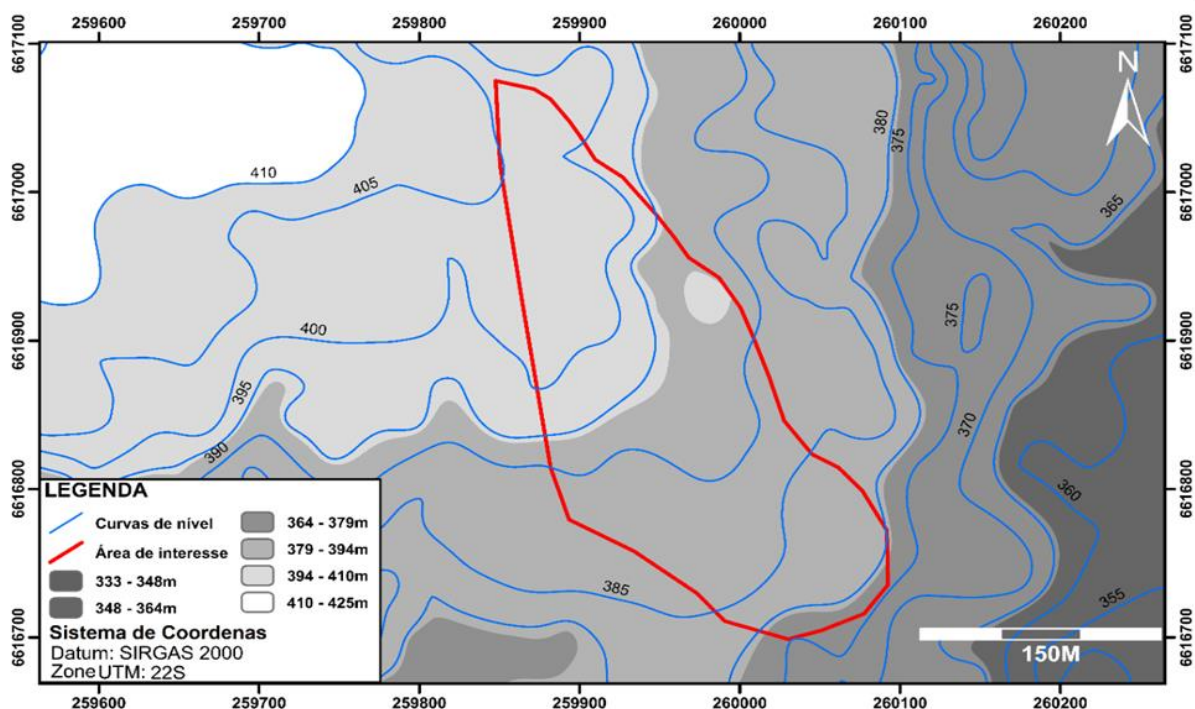
### 5.1.1 Geologia Local

A área do aterro controlado está situada sobre o Complexo Granítico Caçapava do Sul (CGCS) constituído por sienogranito, granodiorito e monzogranito (CPRM, 2019). Segundo Bortolotto (1986) o CGCS orienta-se no sentido Norte-Sul, com extensão 25x10 km e é circundado por um cinturão de metamorfitos que pertencem a Formação Vacacaí, Grupo Porongos. Um corpo de rochas carbonatadas de aspecto lenticular com contatos níticos, interpenetrados por apófises e com afloramento aproximado de 17 km<sup>2</sup>, situa-se entre esses metamorfitos.

### 5.1.2 Pedologia e Relevo Local

A área de estudo possui solos jovens, rasos (inferior a 50 cm de profundidade em diversos locais), com textura arenosa, típica do tipo Neossolo Litólico. Seu relevo ondulado forte varia de áreas muito inclinadas até áreas planas. Na área de estudo existem variações de até quarenta metros de altitude (Figura 5) (EMBRAPA, 2005).

Figura 5 - Mapa das curvas de nível da área de estudo.



Fonte: Autor (2019).

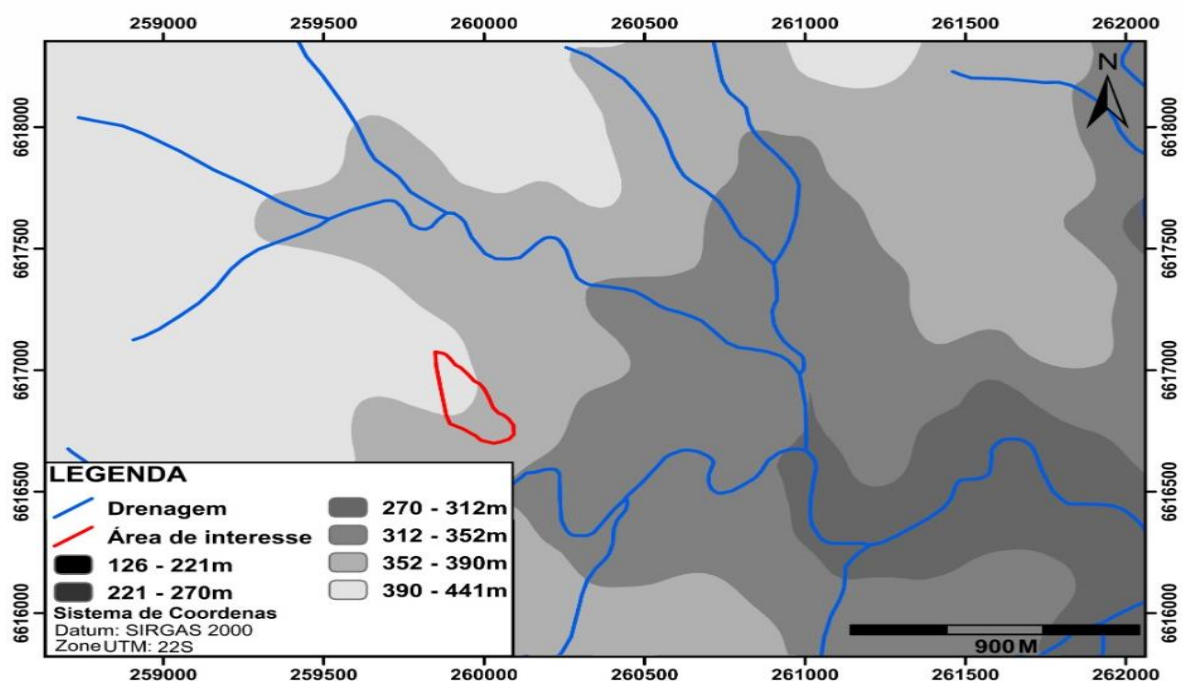
### 5.1.3 Hidrologia

Segundo dados disponibilizados pela Secretaria de Meio Ambiente (SEMA, 2019), Caçapava do Sul abrange três bacias. São elas: Bacia do Vacacaí-Vacacaí Mirim, bacia hidrográfica do Baixo Jacuí e bacia hidrográfica do Camaquã. A drenagem da área de estudo contribui efetivamente para o Arroio do Salso (Figura 6). Este arroio localiza na confluência das bacias hidrográficas do Baixo Jacuí e Vacacaí-Mirim (GOMES; DE ALMEIDA; SPERANDIO, 2019).

A bacia hidrográfica do Vacacaí-Vacacaí Mirim localiza-se na porção centro-ocidental do Estado. Ocupa as Unidades Geomorfológicas Depressão Central e Escudo Sul Rio-Grandense. Seus principais cursos são os arroios Igá, Acangupa e Arenal e os rios Vacacaí, dos Corvos, São Sepé e Vacacaí Mirim (SEMA, 2019).

A Bacia hidrográfica do Baixo Jacuí está situada na porção centro-leste do Rio Grande do Sul e encontra-se sobre as províncias geomorfológicas Planalto Meridional, Depressão Central, Escudo Uruguaio-Sul-Rio-grandense e Planície Costeira (Interior). Seus principais cursos de água são os arroios Irapuã, Capané, Botucacaí, Capivari, do Conde, dos Ratos, dos Cachorros, Ibacurú e o Rio Jacuí (SEMA, 2019).

Figura 6 - Drenagem da Área de Estudo.



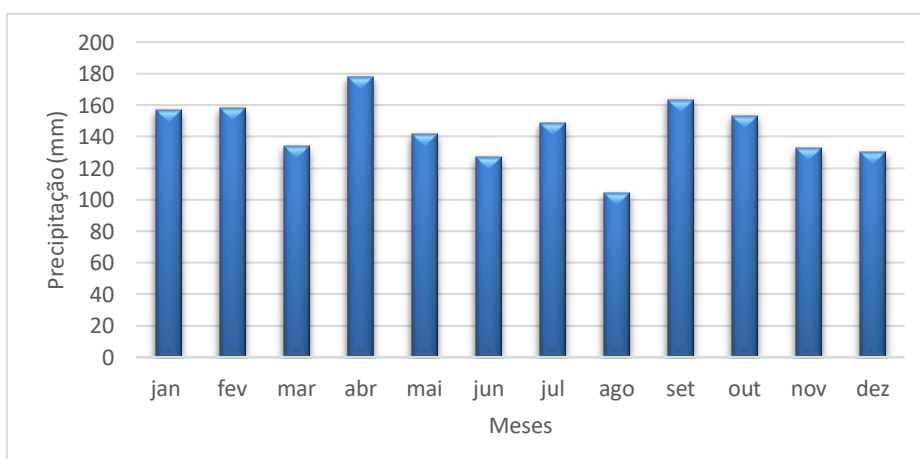
Fonte: Autor (2019).

### 5.1.4 Clima

O município de Caçapava do Sul encontra-se sobre os tipos climáticos Subtropical e estreita faixa característica de Clima Temperado (GEOPROSPEC, 2016). Segundo a classificação de Köppen, o Cfa é o tipo climático subtropical com temperatura média do mês mais quente maior que 22° C e do mês mais frio inferior a 18 °C (EMBRAPA, 2012).

A Figura 7 expressa as variações de precipitação pluviométrica de Caçapava do Sul. Segundo Embrapa (2012), possui precipitação anual média de 1727,4 mm, com ocorrência de precipitação mínima no mês de agosto 104,3 mm e máxima no mês de abril 177,6 mm.

Figura 7 - Precipitação Média Mensal de Caçapava do Sul.



Fonte: EMBRAPA (2012).

### 5.2 Determinações dos Pontos de Amostragem

Na Figura 8 estão expressas as localizações dos pontos de amostragem de solo e água. Para determinação dos pontos de coleta de água levou-se em consideração o recomendado pela Embrapa (2006), quando há fonte de contaminação conhecida, devendo-se realizar a amostragem no ponto de montante (acima da posição onde a fonte é adicionada ao corpo hídrico), e para determinar os teores após a diluição do contaminante, no ponto de jusante (após o ponto de entrada dos contaminantes). Baseado nas seguintes recomendações, foram selecionados dois pontos para amostragem da água: PA1 a montante e PA2 a jusante.

Para determinação dos pontos de coleta de solo foi utilizada a metodologia de malha de amostragem citada pela Embrapa (2006), com os seguintes critérios:



- Diferentes declividades entre os pontos;
- Três profundidades de amostragens 30 cm, 70 cm e 120 cm.

A justificativa para a escolha dos pontos de solo em diferentes declividades, baseia-se na suposição que possam existir diferentes concentrações de elementos traços em níveis topográficos diferentes. A área de estudo possui, entre o ponto mais alto e o mais baixo, cerca de 40 metros de diferença de altitude. Segundo Freire e Freitas (2009), a declividade do terreno favorece o escoamento do choro por gravidade, constituindo assim, concentrações diferentes ao longo dos taludes.

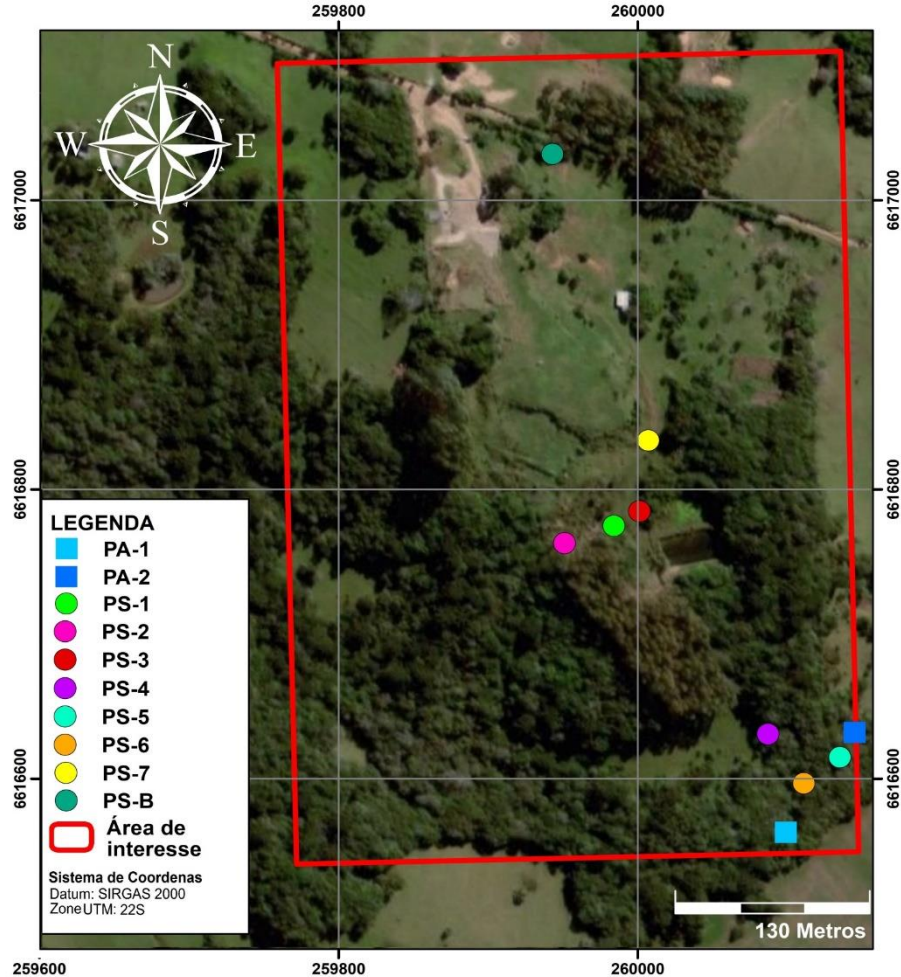
As distâncias entre os pontos foram determinadas buscando maior representatividade possível, considerando que torna-se inviável a amostragem de todo o solo, conforme afirmado por Cardoso (2005):

Quando um volume de solo precisa ser caracterizado para a verificação da existência de concentrações de contaminantes maiores que os limites estabelecidos para declarar essa área como contaminada, normalmente não existe a possibilidade de que todo o solo seja examinado; sendo assim as amostras devem ser as mais representativas possíveis do material original ou área a ser caracterizada (CARDOSO, 2005, pg 35)

Segundo Embrapa (2006), a profundidade da amostragem deve levar em consideração o tipo de contaminante que se deseja encontrar e o tipo de solo a ser amostrado. Para o caso de contaminantes com maior mobilidade, e solos arados (semelhante ao caso de aterros controlados) recomenda-se que se a amostragem entre 25-30 cm. Quanto ao tipo de solo, a recomendação para o caso de solos de textura média e arenosos, é de duas profundidades 0-10cm e 80-100 cm. Levando em conta ambas as recomendações, foram amostrados solos de três profundidades, 30 cm, 70 cm e 120 cm

Foram selecionados oito pontos para amostragem de solo sendo um destes um ponto controle, localizado antes da área de disposição de resíduos, cerca de 200 m, ponto este supostamente livre de contaminação.

Figura 8 – Mapa com delimitação da área de estudo e localização dos pontos de amostragem de solo e água.



Fonte: Autor (2019).

### 5.3 Coleta e Análises das Amostras de Água

Para a coleta de água foram utilizadas duas garrafas pet 5 L (uma para cada ponto), todas devidamente esterilizadas, como recomendado pela FUNASA (2014). Também foram utilizados termômetro, GPS (para anotações das coordenadas), marcador a prova d'água (para identificação das amostras), dispositivo para anotações e frascos de Winkler, devidamente esterilizados em autoclave (para realização de amostragem de oxigênio dissolvido). As amostras de água superficial receberam, após a coleta, nomenclatura seguida de anotações das coordenadas geográficas correspondente a localização do ponto de coleta (Quadro 1).

Quadro 1- Nomenclatura das amostras de acordo com local da coleta.

Ponto	Nomenclatura	Coordenadas
Montante	PA1	N: 0260099
		S: 6616563
Jusante	PA2	N: 0260145
		S: 6616632

Fonte: Autor (2019).

O procedimento de amostragem respeitou as indicações recomendadas pela NBR 9898 de 1987 da Associação Brasileira de Normas Técnicas para coleta manual de águas, visando evitar a introdução de contaminantes superficiais (Figura 9). Assim que coletadas, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Química da UNIPAMPA e submetidas às análises físicas, químicas e biológicas.

Figura 9 - Amostragem de água.



Fonte: Autor (2019).

### 5.3.1 Análises Físicas, Químicas e Biológicas da Água

As análises das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Química da UNIPAMPA campus Caçapava do Sul. Foram determinados Temperatura (in loco), Potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica, Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO (5,20)), Sólidos Totais, Nitrato, Fósforo Total, Coliformes

Totais e Fluorescência de raio-X conforme as metodologias citadas no Quadro 2. Para se obter maior confiabilidade, foram realizadas triplicatas em todas as análises e se obteve como resultado a média dos valores.

Quadro 2 - Análises físicas, químicas e biológicas realizadas nas amostras de água e respectivas metodologias empregadas.

<b>Parâmetros</b>	<b>Metodologia</b>
Temperatura	Termômetro
Potencial Hidrogeniônico	pHmetro.
Oxigênio Dissolvido	Método de Winkler
Turbidez	Turbidímetro
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Método de Winkler
Sólidos Totais	Método Gravimétrico
Nitrato	Eletrodo do Íon Seletivo
Fósforo Total	Fósforo Solúvel
Coliformes Totais	Método do Substrato Cromogênico
Fluorescência de raio-X	ED-X

Fonte: Autor (2019).

### 5.3.1.1 Cálculo do Índice de Qualidade das Águas

Com o intuito de avaliar estado atual da água superficial do córrego que encontra-se sob área de influência do aterro controlado, foi calculado o índice de qualidade das águas a partir do produto ponderado das notas atribuídas a cada parâmetro de qualidade (temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (cinco dias, 20°C), coliformes totais, nitrato, fósforo total, sólidos totais e turbidez. Os valores do IQA variam entre 0 e 100 (Tabela 4) e seu valor reflete a interferência por materiais orgânicos, nutrientes e sólidos. Cada qualidade (q) (Figura 10) é elevada à ponderação (w) correspondente à variável (Tabela 5). O IQA é obtido através da multiplicação de cada componente ( $q^w$ ) (MANOEL; CARVALHO, 2013).

Tabela 4 - Classificação do IQA para o Rio Grande do Sul.

<b>Faixas de IQA utilizadas Rio Grande do Sul</b>	<b>Avaliação da Qualidade da Água</b>
91-100	Ótima
71-90	Boa
51-70	Razoável
26-50	Ruim
0-25	Péssima

Fonte: Agência Nacional de Águas (2019). Adaptado pelo autor.

Para análise do IQA, utilizou-se o índice desenvolvido pela National Sanitation Foundation (equação 1):

$$\prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Onde:

IQA= Índice da qualidade da água

$q_i$  = qualidade do parâmetro  $i$  obtido através da curva específica

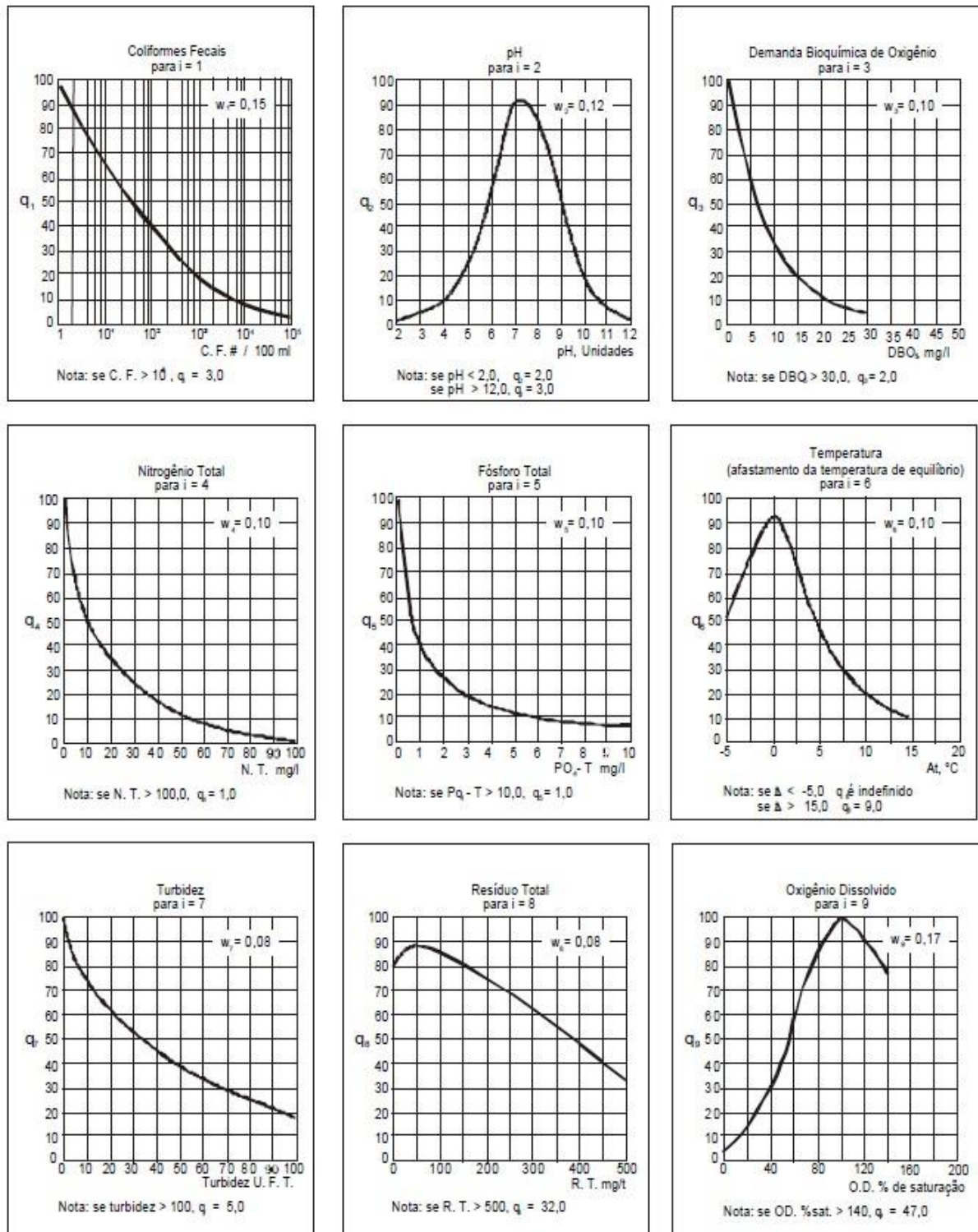
$w_i$  = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade da água.

Tabela 5- Parâmetros químicos, físicos e microbiológicos analisados no cálculo do IQA, com seus respectivos pesos.

<b>Parâmetros</b>	<b>Pesos (w)</b>	<b>Unidades</b>
pH	0,12	-
Turbidez	0,08	UNT
Oxigênio dissolvido	0,17	mg/L
DBO5	0,1	mg/L
Sólidos Totais	0,08	mg/L
Temperatura da água	0,1	°C
Fósforo total	0,1	mg/L
Coliformes termotolerantes	0,15	NMP/100ml
Nitrogênio Total	0,1	mg/L

Fonte: Rocha (2019).

Figura 10 - Curvas médias utilizadas no cálculo do Índice de Qualidade das Águas.



Fonte: De Almeida (2013).

### 5.3.1.2 Fluorescência de raio-X (EDX)

O método qualitativo para detecção de metais na água empregado foi o de fluorescência de raio-X, com leitura direta. Consiste na detecção de raio-X emitidos por um detector de Si que gera um espectro de intensidade em função da energia (PINTO, 2013). Para a leitura foi necessária uma pequena quantidade de amostra de água, que foi disposta em sacos plásticos transparentes.

### 5.4 Coleta e Análise das Amostras de Solo

Foram considerados oito pontos amostrais (sete pontos e um ponto controle) respeitando as profundidades determinadas para amostragem de solo (30 cm, 70 cm e 120 cm), totalizando três profundidades para cada ponto. Cada amostra de solo foi disposta em saco plástico identificado com ponto e profundidade ao qual pertence. As coordenadas de cada ponto foram obtidas com o auxílio de GPS. A amostragem foi realizada por meio de tradagem (Figura 11). Todos os materiais utilizados para extração do solo foram previamente lavados com água e depois com etanol (EMBRAPA, 2006). Para evitar que ocorressem alterações nos resultados, o trado foi limpo com água destilada ao fim de cada coleta de amostra (SILVA, 2016).

Figura 11 - Coleta de solo com tradagem manual.



Fonte: Autor (2019).

O solo coletado foi seco ao ar livre e destorroado manualmente com auxílio de cilindro de madeira plastificado (Figura 12).

Figura 12 - Destorroamento manual do solo com cilindro de madeira.



Fonte: Autor (2019).

Algumas amostras que não obtiveram total secagem ao ar livre foram dispostas em bandejas de isopor e secas em estufa (Figura 13).

Figura 13 – Amostras dispostas em bandeja de isopor após secagem em estufa e destorroamento.



Fonte: Autor (2019).

#### 5.4.1 Fluorescência de raio-X (EDX)



A análise que indicou a presença de metais no solo foi realizada através de fluorescência de raio-X, sendo necessária uma pequena quantidade de cada amostra, cerca de 30 g de solo pulverizado, para evitar desvios no feixe de fluorescência (SILVA, 2016). Após sua pulverização o solo foi disposto em pequenos sacos plásticos, contendo mínima quantidade de ar possível (Figura 14).

Figura 14 - Amostras dispostas em sacos plásticos para análise de fluorescência de raio-X.



Fonte: Autor (2019).

O equipamento utilizado foi da marca Bruker, modelo S1, que segundo o fabricante é capaz de quantificar ou qualificar praticamente qualquer elemento que esteja entre Magnésio e Urânio.

#### **5.4.2 Potencial Hidrogeniônico do Solo (pH)**

Para esta análise foi utilizada a metodologia recomendada pelo Manual de Métodos de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, com a determinação de pH em água (EMBRAPA, 1997). O método consiste na diluição de 10 g solo em 25 mL de água destilada, seguido de repouso por uma hora. Para obter uma maior confiabilidade nos resultados, as 10 gramas de solo utilizadas, foram pulverizadas e peneiradas com peneira 115 da série Tyler (0,125 mm).

#### **5.4.3 Análise Granulométrica**

A metodologia para análise granulométrica por peneiramento do solo foi o ensaio a seco, recomendado por Sampaio e Silva (2007), com adaptação de peneiras da série de Tyler. Foram

utilizadas as peneiras de número 7, 9, 32, 60, 115 e 350. As peneiras da série Tyler, são padronizadas e possuem diâmetro de abertura das malhas e dos fios tabelados, conforme mostra o Quadro 3. O ensaio realizou-se no laboratório de solos da UNIPAMPA.

Quadro 3 - Peneiras da série de Tyler com suas aberturas correspondentes em mm,  $\mu\text{m}$  e polegada.

Abertura (Malha)			
Série Tyler	(mm)	$\mu\text{m}$	Polegada
<b>7</b>	2,840	2840	0,110
<b>9</b>	2,000	2000	0,079
<b>16</b>	1,000	1000	0,039
<b>32</b>	0,500	500	0,0197
<b>60</b>	0,250	250	0,0098
<b>115</b>	0,125	125	0,0049
<b>325</b>	0,045	45	0,0017

Fonte: Sampaio e Silva (2007); Adaptado pelo autor.

Segundo De Almeida et al. (2012), a análise granulométrica permite separar as frações de solo e classificá-las pelo tamanho dos grãos, como mostra a Tabela 6. Assim, a análise granulométrica permite a quantificação da distribuição por tamanho das partículas individuais de minerais do solo. A fração areia ainda pode ser subdividida em cinco frações (areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina), sendo as mais utilizadas para análise a areia grossa e areia fina.

Tabela 6 - Frações granulométricas e denominação segundo seus diâmetros.

Diâmetro* (mm)	Denominação
>200	Matacão
200 – 20	Calhau
20 – 2,0	Cascalho
2,0 – 0,21	Areia Grossa
0,21- 0,05	Areia Fina
0,05 – 0,002	Silte
<0,002	Argila

Fonte: De Almeida et al. (2012).

A condução do ensaio foi de forma seca, onde o método consiste na pesagem das peneiras, pesagem das amostras e quantificação da fração retida das amostras nas peneiras após o procedimento (Figura 15).

Figura 15- Peneiramento a seco.



Fonte: Autor (2019).

Após o ensaio de Peneiramento, a expressão da distribuição granulométrica foi feita por meio eletrônico, utilizando o software Excel na construção de gráficos e tabelas. As informações coletadas foram: peso, percentagem retida e percentagem passante. Todas estas informações foram extraídas por meio de pesagem (prévia e posterior) e cálculo simples.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Análises de Água**

#### **6.1.1 Análises do Índice de Qualidade das Águas (IQA)**

Em relação as Análises do Índice de Qualidade das águas, as amostras PA1 e PA2 apresentaram valores semelhantes, 72 e 74,8 respectivamente. Segundo a Agência Nacional de Águas (Tabela 4), tais valores se encontram na faixa que caracteriza água como boa para o estado do Rio Grande do Sul. Estes resultados foram influenciados principalmente pelos baixos valores de fósforo total encontrado nas amostras PA1 e PA2.

O alto volume de precipitação ocorrido no mês de setembro (época da coleta), pode ter influenciado nos valores encontrados para as amostras PA1 e PA2. Segundo Simões (2017), o aumento de volume de água no período chuvoso aumenta a capacidade de depuração dos rios, diminuindo assim, a concentração dos nutrientes, podendo mascarar os resultados referentes a qualidade da água.

#### **6.1.2 Avaliações dos parâmetros da água segundo a resolução do Conama 357/2005**

No Quadro 4 está exposto os resultados obtidos nos dois pontos de coleta de água. Analisando a classificação segundo a resolução do Conama 357/2005 é perceptível que os valores de oxigênio dissolvido para ambos os pontos são maiores que 6 mg/L, sendo classificados como classe 1. O oxigênio é um dos parâmetros com maior relevância, por expressar a qualidade da água de um ambiente aquático, pois têm vital importância para a sobrevivência de espécies aquáticas aeróbias (DERISIO,2012).

As amostras não apresentaram concentração de fósforo total para ambientes lóticos, enquadrando-se como classe 1.

O parâmetro nitrogênio total estabelecido na Resolução Conama é realizado de forma conjunta, diferente do método do IQA, realizado de forma individualizada para nitrogênio amoniacal, nitritos e nitratos. Sendo assim, não é possível sua comparação.

Tanto o nitrogênio quanto o fósforo, são fundamentais para o crescimento de cianobactérias, algas e macrófitas, num fenômeno chamado eutrofização. A proliferação desses

organismos pode comprometer a qualidade da água, causando mal cheiro, cor e gosto desagradável (OLIVEIRA, 2013).

Sólidos totais e turbidez encontraram-se dentro dos padrões para Classe 1 em ambas as amostras, com valores  $\leq 500$  mg/L e  $\leq 40$  UNT, respectivamente. Segundo a CETESB (2013), altas concentração de sólidos e de turbidez podem reduzir a fotossíntese da vegetação, suprimindo a produtividade de peixes. Portanto, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas uma vez que dificulta a penetração dos raios solares e apenas poucas espécies resistentes às condições severas de poluição conseguem sobreviver (ALMEIDA, 2013).

Quadro 4- Classificação dos parâmetros analisados nas amostras PA1 e PA2 de acordo com a Resolução Conama 357/2005.

Parâmetros	Limites	Classificação	
		PA1	PA2
Oxigênio Dissolvido	$\geq 6$ mg/L	13,07	13,07
Fósforo Total	$\leq 0,1$ mg/L	0	0
Nitrato	-	2,01	1,96
Sólidos Totais	$\leq 500$ mg/L	$7,20 e^{-3}$	$4,40 e^{-3}$
Coliformes	$\leq 200$ NMP/100 mL	17	17
Turbidez	$\leq 40$ UNT	6,48	7,10
DBO 5,20	$\leq 5$ mg/L	4,27	3,47
Temperatura	$< 40$ °C	9,7	10,2
pH	6 a 9	5,84	6,22
Legenda	Classe 1	Classe 2	Não Classificado
	Classe 3	Classe 4	Não Comparável

Fonte: Autor (2019).

A concentração média de pH encontrada nas amostras, ficaram entre 5,84 e 6,22, onde PA1 não pode ser enquadrado em nenhuma das classes e PA2 pode enquadrar-se como Classe 1. O pH pode afetar o metabolismo de várias espécies e pode aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais traços (ALMEIDA, 2013).

Quanto as concentrações de DBO 5,20, as amostras dos dois pontos apresentaram parâmetros que se enquadram como Classe 2, com valores  $\leq 5$  mg/L. A DBO pode ser elevada num corpo d'água quando acontecem despejos, predominantemente, de origem orgânica. Altos

teores de matéria orgânica podem resultar no esgotamento de oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outros tipos de vida aquática (CETESB, 2008).

A Temperatura apresentou-se nos pontos de coleta com valores recomendados pela resolução do Conama 357/2005 com valores inferiores a 40 °C sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não excedeu a 3°C no limite da zona de mistura, fator determinante para todas as classes águas doces. As elevações de temperatura aumentam as taxas das reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência destes, o que pode gerar mau cheiro no caso da liberação de gases com odores desagradáveis (GLÓRIA et al., 2017).

### **6.1.3 Avaliação dos Elementos Presentes na água (Fluorescência de raio-X)**

A análise de fluorescência de raio-X para as amostras de água foi utilizada de forma qualitativa, apenas para identificação prévia de elementos. Nas duas amostras foram detectadas a presença de Mg, Cl, K, Fe, Cu e Rh (ródio), porém, a amostra PA2 apresentou dois “novos” elementos: Cd e Al. Tanto o cádmio quanto o alumínio, apesar de serem naturais dos solos e rochas da região, podem ter origem antrópica, pois foram detectados pelo aparelho apenas no ponto posterior a fonte de contaminação.

Segundo Lacorte (2012) o Cd é um agente carcinogênico para a saúde humana, classificando-se em sétimo lugar no ranking da lista das substâncias mais perigosas divulgadas pela Agência de Saúde Pública Federal dos EUA. Sua contaminação no solo e na água pode ocorrer por resíduos descartados nos rios ou em locais de captação, como aterros (SOUZA, 2016).

O Al é liberado no meio ambiente por processos naturais de erosão do solo, erupções vulcânicas e por ações antropogênicas, como degradação de resíduos. Na água o Al apresenta sua forma mais biodisponível para ser absorvido pelo intestino, e apesar de não apresentar relatos de carcinogenicidade, alguns autores associam a presença de Al na água potável a um dos agentes etiológicos de doenças mentais como Alzheimer (FERREIRA et al., 2008).

## **6.2 Análises de Solo**

### **6.2.1 Avaliação dos Elementos Presente no Solo (Fluorescência de raio-X)**

A presença de alguns elementos no solo, por si só não são motivo de preocupação, pois sua biodisponibilidade é essencial para o crescimento e desenvolvimento de vegetais. Contudo, em áreas potencialmente poluidoras, a migração de lixiviados no solo pode contribuir para a contaminação do solo com Pb, Cu, Zn, Fe, Mn, Cr, Cd e etc., gerando sérios problemas ao meio ambiente (SOUZA, 2016).

Segundo a Resolução do CONAMA n° 420/2009 uma área pode ser denominada como contaminada quando conter quantidades ou concentrações de quaisquer substâncias químicas oriundas de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atuais ou pretendidos, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico. Nesse contexto, áreas que servem para degradação de resíduos de origem urbana, quando não possuem preparo apropriado para tais fins, acarretam na contaminação do solo com substâncias químicas potencialmente tóxicas aos seres vivos (PINTO FILHO, 2012).

Dentre a lista dos metais traços característicos destas áreas estão: ferro, manganês, cádmio, zinco, alumínio e chumbo. Estes elementos estão presentes na composição de diversos resíduos, como: lâmpadas, baterias, restos de tintas, embalagens de produtos químicos, etc (MUÑOZ, 2002). O Quadro 5 representa as concentrações dos elementos presentes nas amostras de solo em cada uma das profundidades analisadas.

O ferro variou de 15700 mg.kg<sup>-1</sup> em PS5 30 cm a 39900 mg.kg<sup>-1</sup> PS7 30 cm. Segundo Reimann e Caritat (1998), rochas graníticas possuem 20000 mg.kg<sup>-1</sup> de ferro na sua composição, sendo o piroxênio, o anfibólio, a mica e as granadas os principais minerais hospedeiras deste elemento. Contudo, apesar de a sua concentração natural esperada estar em torno de 20000 mg.kg<sup>-1</sup>, a concentração máxima detectada ocorreu em PS7 e apresentou praticamente o dobro desta concentração. Em relação a fontes de contaminação de resíduos urbanos, a principal fonte em aterros e lixões deste elemento são: Material eletrônico, latas e tampas de garrafas (RODRIGUES, 2004).

As concentrações de magnésio atingiram valores heterogêneos e discrepantes, variando de 34400 mg.kg<sup>-1</sup> em PS4 120 cm a 76200 mg.Kg<sup>-1</sup> PS7 120 cm. Segundo Silva (2016), assim como o cálcio, o magnésio influencia na diminuição da acidez do solo, e em grandes quantidades, torna os solos mais alcalinos. São fontes de magnésio os resíduos com material orgânico, cascas de ovos e entulhos de construção (RODRIGUES, 2004).

Percebe-se que o ponto PS7 apresentou altas concentrações de ferro e magnésio. Este ponto localiza-se na borda do aterro, onde foi perceptível em campo o acúmulo de lixiviado, o que explicaria sua elevada concentração de ferro na profundidade mais superficial (30 cm). Além disso, em relação as elevadas concentrações de magnésio na profundidade 120 cm, pode-se relacionar à sua proximidade das células, sofrendo influência de percolados.

Quadro 5- Elemento encontrados na análise de fluorescência de raio-X do solo.

Ponto	Profundidade (cm)	Concentração mg.kg <sup>-1</sup>							
		Mg	Al	Ca	Mn	Fe	Zn	K	Pb
PSB	30	52400	94900	668 00	154	17900	0	17200	0
	70	51800	115000	263	0	31600	12	13900	0
	120	43500	134000	139	245	32100	14	17600	0
PS1	30	42500	132000	1280	450	21400	0	28900	0
	70	74400	156000	115	401	39200	0	15900	0
	120	60800	177000	0	406	37700	0	17300	0
PS2	30	43800	195000	6980	521	32300	21	32600	0
	70	54200	170000	5300	357	27100	0	26600	0
	120	43000	214000	1410	470	31600	0	27500	0
PS3	30	39400	168000	2370	361	25400	12	28400	83
	70	71900	192000	304	360	39200	0	17400	0
	120	57700	176000	0	258	36400	0	17300	0
PS4	30	55200	134000	3710	380	21700	14	28600	0
	70	36800	147000	2260	0	19300	0	33500	0
	120	34400	176000	1080	162	26900	0	29600	0
PS5	30	33600	106000	3170	251	15700	0	24100	0
	70	33400	135000	3290	73	19600	0	30800	0
	120	43200	147000	3400	152	26500	0	26300	0
PS6	30	36700	135000	4080	210	21500	0	27000	0
	70	35200	126000	3460	235	22400	0	27500	0
	120	61900	137000	942	176	34000	12	17600	0
PS7	30	49200	189000	0	318	39900	0	17800	0
	70	47600	130000	107	244	30700	0	13600	0
	120	76200	147000	1810	344	32000	0	12100	0

Mg: Magnésio; Al: Alumínio; Ca: Cálcio; Mn: Manganês; Fe: Ferro; Zn: Zinco; Pb: Chumbo.

Fonte: Autor (2019).

O alumínio variou de 94900 mg. Kg<sup>-1</sup> em PSB 30 cm a 214000 mg. kg<sup>-1</sup> em PS2 120 cm. O teor médio de alumínio em rochas ganíticas é de 73000 mg.kg<sup>-1</sup>, onde os minerais hospedeiros mais prováveis são o feldspato, a mica e os argilominerais (REIMANN & CARITAT,1998). Mesmo no ponto de menor concentração de Al, sua porcentagem apresentou-



se maior do que a esperada para solos oriundos de rochas graníticas (em torno de  $94900 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), o que pode ser um indício de contaminação antrópica. Em relação a fontes de contaminação de resíduos urbanos, a principal fonte em aterros e lixões deste elemento são: latas descartáveis, cosméticos e embalagens laminadas em geral (RODRIGUES, 2004).

O cálcio variou desde abaixo do limite de detecção do equipamento em PS1 120 cm, PS3 120 cm e PS7 30 cm a  $6980 \text{ mg.kg}^{-1}$  em PS2 30 cm. Os teores médios de cálcio na crosta terrestre em rochas e solos graníticos é de  $9000 \text{ mg.kg}^{-1}$ , onde os possíveis minerais hospedeiros do cálcio são: os carbonatos, o anfibólio, o feldspato e o piroxênio. Em relação ao cálcio, as fontes geogênicas são mais importantes do que as antropogênicas. As fontes ambientais principais deste elemento são as poeiras provenientes de pedreiras e fábricas de cal e cimento o que explica as maiores concentrações nas menores profundidades em praticamente todos os pontos (exceto em PS5 e PS7) (REIMANN E CARITAT, 1998).

O chumbo foi detectado pelo equipamento somente em PS3 30 cm com uma concentração de  $83 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Os teores médios de chumbo na crosta terrestre em rochas e solos de origem graníticas é de  $20,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ , sendo o plagioclásio, o feldspatos-K, a mica, a magnetita e o zircão os minerais mais prováveis de hospedar este elemento (REIMANN & CARITAT, 1998). Apesar de ser um elemento natural de rochas graníticas, O valor detectado na análise de fluorescência de raio-X foi quatro vezes maior do que a encontrada em solos de origem granítica, além do mais, sua presença foi apontada em apenas um ponto e profundidade, o que pode ser um indício que sua presença provenha de fontes antrópicas neste ponto. Segundo Souza (2016), o chumbo possui pouca mobilidade e tende a se acumular nas camadas mais superficiais do solo. Quando depositado no solo por ação antrópica, tende a se comportar igual ao natural, porém atinge níveis mais profundos (30 a 45 cm) (KEMERICH et al., 2013). Segundo Pierangeli (2001), a contaminação por Pb nos solos provém de fontes antrópicas, tais como insumos agrícolas, deposição atmosférica e decomposição de resíduos industriais. Dentre alguns resíduos que contem este elemento, estão baterias recarregáveis, agentes anti-detonantes (gasolina com chumbo), porcelana esmaltada, utensílios de PVC, cartuchos e tinturas de cabelo (REIMANN & CARITAT, 1998; EVANGELISTA & SILVA, 2013).

O zinco variou desde abaixo do limite de detecção do equipamento a  $21 \text{ mg.kg}^{-1}$  em PS2 30 cm. Trata-se de um elemento vestigial da crosta terrestre onde os teores médios de zinco em rochas e em solos de origem granítica é de  $50 \text{ mg.Kg}^{-1}$ , sendo o piroxênio, o anfibólio, a mica, as granadas e a magnetita os possíveis minerais hospedeiros deste elemento (REIMANN

& CARITAT, 1998). Em relação a fontes de contaminação em aterros de resíduos urbanos, são fontes de zinco: tintas, fármacos, pilhas, baterias, ligas metálicas, tampas metálicas de garrafas, lâmpadas elétricas, corantes, pigmentos e cosméticos (MORAES, 2017). Este elemento destacou-se por não ter apresentado concentrações acima do esperado em solos naturais em nenhum dos pontos, o que não descarta sua existência no local ser de fonte antropológica.

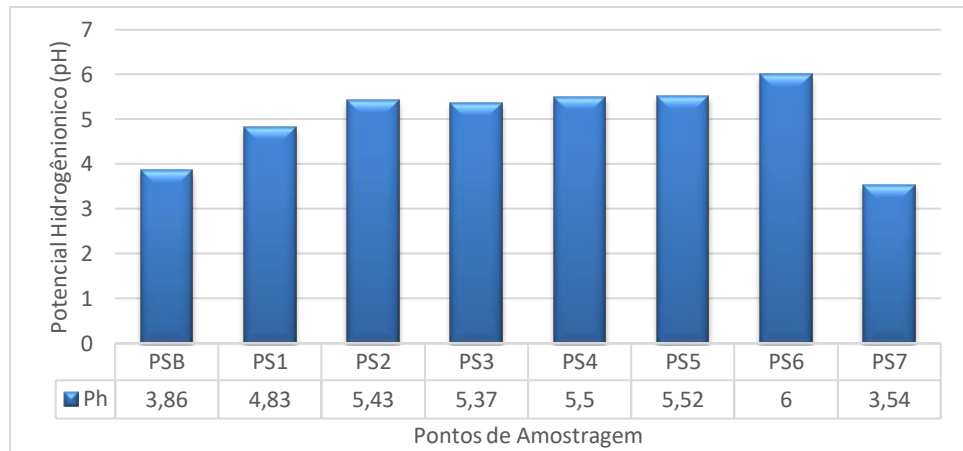
Segundo Silva (2016), o manganês apesar de ser essencial aos seres vivos, quando apresenta altas concentrações pode apresentar toxicidade. O manganês variou desde abaixo do limite de detecção do aparelho em PSB 70 cm e PS4 70 cm a 470 mg.kg<sup>-1</sup> em PS2 120 cm. Trata-se de um dos elementos menores mais abundante das rochas ígneas, ocorrendo exclusivamente como  $Mn^{+2}$  (HOROWITZ & DANTAS, 1966). Segundo Rodrigues (2004), os resíduos que são fonte de manganês são as pilhas comuns, pilhas alcalinas e lâmpadas fluorescentes.

### 6.2.2 Análise de pH do Solo

As figuras a seguir demonstram os resultados obtidos através da metodologia de pH em água descrito pelo Manual de Métodos de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Percebe-se que os valores de pH obtidos nas amostras de solos dos oito pontos analisados variaram de muito ácido a levemente ácido nas três profundidades (30 cm, 70 cm e 120 cm). Os pontos que apresentaram menores valores de pH foram PSB e PS7 na profundidade 30 cm (Figura 16), PS1 e PS3 na profundidade 70 cm (Figura 17) e PS3 e PS6 na profundidade 120 cm (Figura 18).

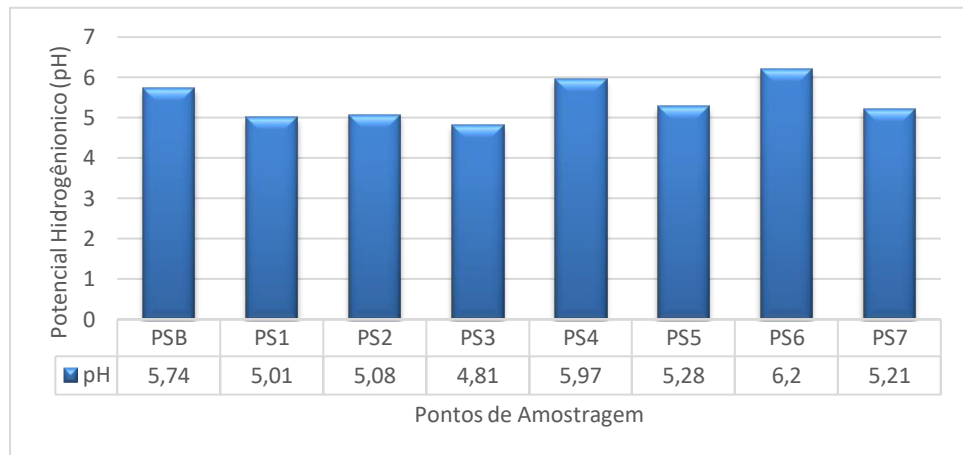
Os solos brasileiros, de modo geral, são considerados ácidos devido ao intenso intemperismo tropical das rochas, porém, processos como decomposição de matéria orgânica e a presença de ácidos orgânicos e inorgânicos, pode influenciar nos valores de pH do solo tornando-o mais acidificado (MILHOME et al., 2018). Segundo Antunes et al (2009), os íons hidrogênio e/ou alumínio estão presentes em maiores concentrações em solos ácidos, essa acidez propicia o aparecimento de elementos tóxicos para as plantas e também diminui a disponibilidade de nutrientes essenciais para as mesmas (OLIVEIRA et al, 2001).

Figura 16 - Valores das análises de pH profundidade 30 cm.



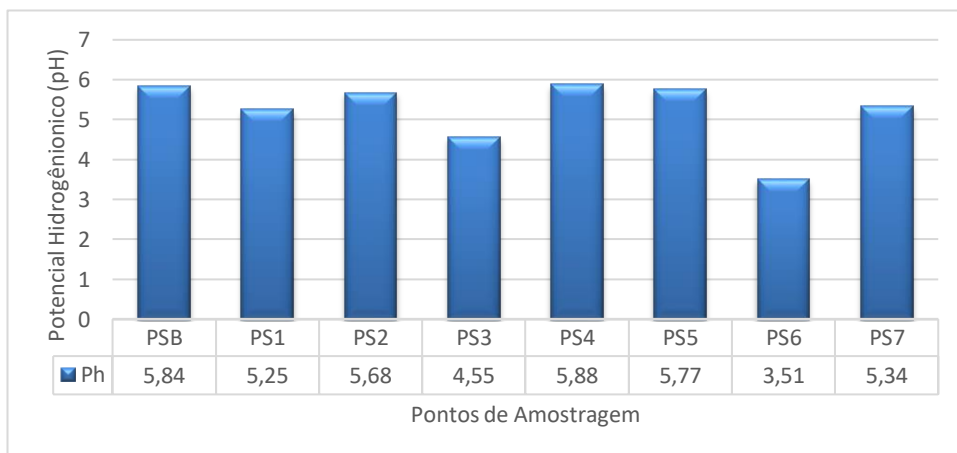
Fonte: Autor (2019).

Figura 17 - Valores das análises de pH profundidade 70 cm.



Fonte: Autor (2019).

Figura 18 - Valores das análises de pH profundidade 120 cm.



Fonte: Autor (2019).

Em relação a concentração de Al e valores de pH observa-se de forma clara que não se trata de uma relação diretamente proporcional. Os pontos onde a análise de fluorescência de raio-X indicou maior concentração de alumínio não são necessariamente os pontos de maior acidez do solo. A exemplo disso tem-se PS6 120 cm e PS3 70 cm. Dentre esses dois pontos PS6 é mais ácido e PS3 é quem possui maior concentração de Al. Contudo, nos oito pontos analisados há altas concentrações de Al e, levando em consideração a afirmação de Antunes et al. (2009) para este caso, supõe-se que os íons hidrogênio possam ter maior relação com a acidez do solo do que os íons alumínio.

O ponto PS1 apresentou na profundidade mais superficial (30 cm) seu pH mais ácido, indicando a existência de uma pequena infiltração do percolado oriundo do processo de degradação de resíduos. PSB 30 cm também apresentou um dos menores valores de pH, contudo pode-se relacionar aos processos pedogenéticos que são mais intensos nas menores profundidades (CAMPOS, 2010).

Em PS6 30 cm e 70 cm detectou-se valores de  $\text{pH} \geq 6$ . De acordo com Campos (2010), tais condições de pH diminuem a biodisponibilidade de elementos traços, ou seja, apesar de este ponto apresentar a presença de metais como Al, Mn e Fe, estes encontram-se menos disponíveis do que nos demais pontos e profundidades.

Em relação a concentração de Ca e o aumento dos valores de pH, não foi possível considerar uma relação diretamente proporcional. Os pontos que apresentaram maior concentração deste elemento não são necessariamente os mais básicos, assim como os pontos com menor concentração de Ca não são obrigatoriamente os mais ácidos. Contudo, não descarta-se uma relação entre essas variáveis.

Relacionando maior concentração de metais com maior acidez, observou-se que apenas a profundidade mais superficial apresentou essa característica. PS7 30 cm é um dos pontos mais ácidos e apresenta maior concentração de ferro do que os demais pontos.

### **6.2.3 Análise Granulométrica**

As texturas do solo podem ser divididas basicamente em cascalho (acima de 2 mm), areia (de 2 mm a 0,05), silte ( $> 0,05$  a 0,002) e argila ( $> 0,002$ ). Através do ensaio de peneiramento a seco recomendado por Sampaio e Silva (2007), foi possível dividir cascalhos

de areias, areias grossas de areias finas e areias finas de silte e argila como mostra a Tabela 7. No Apêndice A seguem as curvas granulométricas referentes a cada ponto e profundidade.

Tabela 7 - Frações retidas nas peneiras utilizadas no ensaio de peneiramento a seco.

<b>Peneiras</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Texturas Retidas</b>
7	2,84	Cascalho
9	2	Cascalho
16	1	Areia grossa
32	0,5	Areia grossa
60	0,25	Areia grossa
115	0,125	Areia grossa
325	0,045	Areia Fina
Fundo	0	Silte e argila

Fonte: Autor (2019).

Nos Quadros a seguir estão expressas as frações retidas em cada peneira e sua classificação quanto a sua granulometria. A amostra PSB em 70 cm apresentou maior porcentagem de cascalho (63,13%) e finos (1,03%). Na profundidade 30 cm encontrou-se maior porcentagem de areia grossa (49,54%) (Quadro 6).

Quadro 6 - Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PSB.

Frações	Peneiras	PSB 30 cm	PSB 70 cm	PSB 120 cm
Cascalho	7	36,73	48,74	42,91
Cascalho	9	12,93	14,39	17,18
Areia grossa	16	27,01	20,90	22,36
Areia grossa	32	15,20	11,57	12,61
Areia grossa	60	5,51	1,68	3,17
Areia grossa	115	1,82	1,70	0,98
Areia Fina	325	0,61	0,73	0,53
Silte e argila	Fundo	0,19	0,30	0,26

Fonte: Autor (2019).

No ponto PS1 a maior porcentagem de cascalho foi encontrada na profundidade 120 cm (43,19%) enquanto o maior percentual de areia grossa (78,38%) e finos (9,05 %) foi encontrada na profundidade 30 cm (Quadro 7).

Quadro 7- Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS1.

Frações	Peneiras	PS1 30 cm	PS1 70 cm	PS1 120 cm
Cascalho	7	6,64	24,45	33,17
Cascalho	9	5,92	16,38	10,02
Areia grossa	16	18,96	25,97	17,02
Areia grossa	32	29,98	19,28	17,83
Areia grossa	60	15,29	6,75	8,20
Areia grossa	115	14,15	4,25	7,66
Areia Fina	325	8,23	2,71	5,81
Silte e argila	Fundo	0,82	0,22	0,29

Fonte: Autor (2019).

Em PS2 a maior porcentagem de cascalho concentrou-se na profundidade 70 cm (36,2 %) e em 30 cm concentrou-se a maior porcentagem de areia grossa (70,25%) e finos (7,51%) (Quadro 8).

Quadro 8- Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS2.

Frações	Peneiras	PS2 30 cm	PS2 70 cm	PS2 120 cm
Cascalho	7	10,24	20,54	13,24
Cascalho	9	12,00	15,66	14,50
Areia grossa	16	20,92	28,52	23,76
Areia grossa	32	18,04	18,03	21,84
Areia grossa	60	14,31	8,66	11,35
Areia grossa	115	16,98	6,20	9,09
Areia Fina	325	7,37	2,29	6,11
Silte e argila	Fundo	0,14	0,10	0,11

Fonte: Autor (2019).

Na amostra PS3 o maior percentual de cascalho (42,39 %) e finos (1,02 %) foram encontrados na profundidade 70 cm. A fração areia grossa apresentou-se com maior percentual na profundidade 120 cm (65,41%) (Quadro 9).

Quadro 9 - Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS3.

Frações	Peneiras	PS3 30 cm	PS3 70 cm	PS3 120 cm
Cascalho	7	25,33	27,18	17,036
Cascalho	9	10,79	15,21	16,578
Areia grossa	16	36,38	31,40	30,232
Areia grossa	32	17,54	18,91	22,958
Areia grossa	60	6,78	4,69	7,678
Areia grossa	115	3,00	1,59	4,537
Areia Fina	325	0,18	1,00	0,927
Silte e argila	Fundo	0,01	0,02	0,055

Fonte: Autor (2019).

Na amostra PS4 a maior porcentagem de cascalho encontrou-se em 120 cm (27,61 %), enquanto em 30 cm encontrou-se maior percentual de areia grossa (77,5 %) e finos (2,82 %) (Quadro 10).

Quadro 10- Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS4.

Frações	Peneiras	PS4 30 cm	PS4 70 cm	PS4 120 cm
Cascalho	7	11,47	14,75	16,29
Cascalho	9	7,72	7,67	11,32
Areia grossa	16	32,56	19,02	28,23
Areia grossa	32	32,80	29,69	32,94
Areia grossa	60	4,91	14,99	5,07
Areia grossa	115	7,73	11,96	5,09
Areia Fina	325	2,77	1,91	1,05
Silte e argila	Fundo	0,05	0,01	0,01

Fonte: Autor (2019).

Em PS5 a maior porcentagem de cascalho encontrou-se na profundidade 120 cm (33,03 %). Na profundidade 70 cm encontra-se a maior porcentagem de areia grossa (78,93 %) e os finos em maior percentual na profundidade 30 cm (1,73%) (Quadro 11).

Quadro 11 - Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS5.

Frações	Peneiras	PS5 30 cm	PS5 70 cm	PS5 120 cm
Cascalho	7	10,88	10,61	17,31
Cascalho	9	10,61	9,23	15,72
Areia grossa	16	23,45	17,85	35,12
Areia grossa	32	26,06	32,19	13,35
Areia grossa	60	17,24	20,42	10,83
Areia grossa	115	10,01	8,47	6,42
Areia Fina	325	1,73	1,21	1,24
Silte e argila	Fundo	0,01	0,02	0,02

Fonte: Autor (2019).

A maior porcentagem de cascalho na amostra PS6 encontrou-se na profundidade 120 cm (40,48%). Já a profundidade 30 cm apresentou maior concentração de areia grossa (69,13 %) e finos (1,89 %) (Quadro 12).

Quadro 12 -Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS6.

Frações	Peneiras	PS6 30 cm	PS6 70 cm	PS6 120 cm
Cascalho	7	19,36	25,94	25,47
Cascalho	9	9,62	10,82	15,01
Areia grossa	16	25,87	21,38	31,75
Areia grossa	32	20,76	26,45	18,41
Areia grossa	60	12,64	11,33	5,95
Areia grossa	115	9,86	3,77	3,08
Areia Fina	325	1,88	0,31	0,32
Silte e argila	Fundo	0,01	0,01	0,01

Fonte: Autor (2019).

Na amostra PS7 as maiores concentrações de cascalho (27,31 %) e areia grossa (71,77 %) encontraram-se na profundidade 30 cm. Porém, A profundidade 70 cm apresentou valores semelhantes a profundidade anterior (cascalho= 27,66 %; areia grossa= 71,4 %). A maior concentração de finos localizou-se na profundidade 120 cm (25,67 %) (Quadro 13).



Quadro 13 - Porcentagens de solo retido em cada peneira e sua classificação granulométrica-PS7.

Frações	Peneiras	PS7 30 cm	PS7 70 cm	PS7 120 cm
Cascalho	7	10,00	12,29	7,53
Cascalho	9	17,31	15,37	11,64
Areia grossa	16	33,32	27,51	24,38
Areia grossa	32	23,90	25,70	20,41
Areia grossa	60	8,85	10,00	6,86
Areia grossa	115	5,70	8,19	3,52
Areia Fina	325	0,89	0,94	25,65
Silte e argila	Fundo	0,02	0,01	0,02

Fonte: Autor (2019).

Os dados obtidos através dos ensaios granulométricos apontam a dominância das frações grosseiras na área de estudo. Dentre todos os pontos, PS1 apresentou maior predominância das frações cascalho e areia grossa. Sabe-se que os solos mais permeáveis são os que possuem maior existência de vazios interconectados e que a textura arenosa, por sua vez, caracteriza-se pela grande existência de vazios, contribuindo para a percolação de lixiviado gerado a partir da degradação de matéria orgânica (MENDEZ, 2017). Logo, pode-se concluir que PS1 trata-se do ponto mais suscetível a percolação de lixiviado em comparação com os demais pontos.

Cruz et al. (2013) afirma que existe uma relação diretamente proporcional entre a retenção de elementos traços e o teor da fração fina. Isso caracteriza propriedades geoquímicas importantes no processo da mobilização desses poluentes inorgânicos no solo. Dos oito pontos analisado, aqueles que apresentaram maior percentual de finos foram: PS1 com 9,05% de finos, PS2 7,51% de finos e PS7 que apresentou 25,67 % de granulometria fina. Logo, conclui-se que tais pontos possuem maior capacidade de retenção de elementos e por conseguinte, maior capacidade de concentração de metais. Contudo, tanto a infiltração quanto a retenção de contaminantes depende diretamente da fonte contaminadora e do posicionamento dos pontos de análise, sendo inviável a correlação de finos e concentração de metais para este caso, onde, provavelmente não há homogeneidade na distribuição de lixiviado.

## 7 CONCLUSÃO

A água do córrego que passa próximo ao aterro, segundo a avaliação do Índice de Qualidade das Águas, possui qualidade classificada como boa nos dois pontos avaliados.

Todos os parâmetros quantificados em PA1 e PA2 obtiveram as mesmas classificações segundo a resolução do CONAMA 357/2005, enquadrando-se em sua maioria como água doce de Classe 1, exceto DBO 5,20 que enquadrou-se como Classe 2, o nitrogênio que não pode ser determinado por sua avaliação pela resolução proceder de formas diferentes às realizadas no presente trabalho e o pH do ponto PA1 que encontra-se a baixo dos limites de classificação.

Em relação a avaliação da presença dos elementos presentes na água, através do método semi-quantitativo Fluorescência de raio-X, o ponto posterior ao deságue das lagoas de decantação apresentou a presença de cádmio e alumínio. Entretanto é necessário a realização de estudos mais aprofundados que determinem se trata-se de uma contaminação antropológica.

O aterro controlado do município de Caçapava do Sul encontra-se sobre local de grande susceptibilidade a infiltração de percolado, devido a sua granulometria predominantemente arenosa. Dentre todos os pontos analisados PS1 apresentou maior índice de cascalho e areia grossa, sendo assim, considerado ponto de maior probabilidade a infiltração de possíveis contaminantes para o solo e para a água.

Dentre os elementos analisados, apenas o zinco e o cálcio não apresentaram concentrações acima das naturais esperadas para solos de origem granítica. Em relação ao pH do solo, o aterro apresentou valores que variaram de muito ácido a levemente ácido. Não foi possível relacionar essa acidez ao excesso de Al ou falta de Ca. Contudo, um dos pontos mais ácidos da profundidade 30 cm, PS7, apresentou maior concentração de Fe. Isto pode ser indício de uma relação entre pH, concentração deste metal e processos intempéricos.

Contudo, recomenda-se que sejam realizados estudos mais aprofundados, capazes de determinar grau de condutividade hidráulica da área e se é antrópica a origem dos elementos que apresentaram concentrações acima da natural esperada.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maurício Gomes. **Elementos-Traço As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se E Zn Em Latossolos E Plantas De Milho Após Treze Aplicações Anuais De Lodo De Esgoto**. 2011. Tese (Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)) - UNESP, JABOTICABAL – SÃO PAULO, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. PNQA: **Indicadores de qualidade-Índice de qualidade das Águas**. Disponível em: < <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> >. Acesso em: 13/06/2019.

ANTUNES, M.; ADAMATTI, D. S.; PACHECO, M. A. R.; GIOVANELA, M. **pH do Solo: determinação com indicadores acido-base no ensino médio**. Revista Química na Escola. v.31, n.4, p.283-287, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro. p 7. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10157**: Aterros de Resíduos Perigosos–Critérios para Projeto. Construção e Operação. Rio de Janeiro. p 13. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro. p. 3. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, p. 21. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896**. Aterros de resíduos não perigosos–critério de projeto, implantação e operação–Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 12. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8418**. Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro. p 9. 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro. p. 20.1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.. Rio de Janeiro: 22 p. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro. p. 71. 2004.

ARAÚJO, T. B. **Avaliação de Impactos Ambientais em Um Lixão Inativo no Município de Itapornaga-PB**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia ambiental) - UEP, Campina Grande-PB, 2015.

BAIRD, C. Química ambiental. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BARREIRA, Luciana Pranzetti. **Avaliação das Usinas de Compostagem do Estado de São Paulo em Função da Qualidade dos Compostos e Processos de Produção**. 2005. Tese (Doutor em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BENDITO, Bianca Pietsch Cunha, et al. **Diagnóstico da degradação ambiental na área de depósito inadequado de resíduos sólidos de Porto Nacional–TO**. Gaia Scientia, p. 23.11.3. 2017.

BOLZAN, Marcelo Veber. **Estudo da Utilização de Resíduos da Mineração de Calcário na Produção de Blocos de Concreto para Construção Civil**. Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Mineração da Faculdade Federal do Pampa – UNIPAMPA, 2015.

BORBA A.W., SOUZA L.F., MIZUSAKI A.M.P., ALMEIDA D.P.M., STUMPF P.P. **Inventário e avaliação quantitativa de geossítios: exemplo de aplicação ao patrimônio geológico do município de Caçapava do Sul (RS, Brasil)**. Pesquisas em Geociências, 40(3): 275-294, 2013.

BORBA A.W. **Proposta De Uma (Geo) Identidade Visual Para Caçapava Do Sul, “Capital Gaúcha Da Geodiversidade**. Geographia Meridionalis - revista eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pelotas, 405-411, 2015.

BORGES, Uliane Cristina dos Santos; COSTA, Jairison da Paixão e. **Diagnóstico ambiental do Lixão da Cidade de Cumari (GO)**. In: 1º Sinimpósio Nacional de Geografia Territorial e o XXXIV Semana de Geografia da UEL., 2018, Londrina. Londrina: ., 2018. p. 21 - 30.

BORTOLOTTO, Ovalo José. **Petrologia dos Mármore de Caçapava do Sul**. 1986. Dissertação de Mestrado (Mestre em Área de Concentração de Mineralogia e Petrologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2º ed. São Paulo, Editora Prentice Hall, 2005, 318 p.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da república federativa do Brasil**. Brasília: Centro Gráfico do Senado Federal, 1988.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 de ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998. **Constituição da república federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 de fev. 1998.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União de 18 de março de 2005, Seção 1, p 58 – 6. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº420, de 28 de Dezembro de 2009** - Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de

substâncias químicas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>> Acesso em: 17 de nov. de 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, DF. p 112. (2014).

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman Editora, 2009.

CAÇAPAVA DO SUL-RS. **Plano Municipal de Saneamento Básico- PMSB**. Caçapava do Sul: Prefeitura municipal de Caçapava do Sul, 2013.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. 2ª ed. São Paulo. Ed. Humanitas FFLCH/ Universidade de São Paulo. 1998. 343 p.

CAMPOS, Milton César Costa. **Atributos dos solos e riscos de lixiviação de metais pesados em solos tropicais Soil attributes and risk of leaching of heavy metals in tropical soils**. *Ambiência*, 6.3: 547-565, 2010.

CARDOSO, Luís Fernando. **Avaliação do Risco Potencial de Poluição e Contaminação Por Resíduos Sólidos: Estudo de Caso do Lixão de Morro Agudo- São Paulo**. 2005. Dissertação de Mestrado (Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

CARNEIRO, Ricardo de Sousa *et al.* Legislação Aplicada Ao Licenciamento Ambiental De Aterros Sanitários. *In: IX Simpósio Brasileiro De Engenharia Ambiental, XV Encontro Nacional De Estudantes De Engenharia Ambiental E III Fórum Latino Americano De Engenharia E Sustentabilidade*, 2017, Belo Horizonte-Mg. **Artigo [...]**. Belo Horizonte: [s. n.], 2017.

CARTERI CORADI, Paulo; FIA, Ronaldo; PEREIRA-RAMIREZ, Orlando. **Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil**. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 4.2. 2009.

CARVALHO, André Luciano de. **Contaminação das águas subsuperficiais em áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos- O caso do Antigo Lixão de Viçosa**. 2001. Tese (Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2001.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Variáveis de Qualidade das Águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veisde-Qualidade-das-%C3%81guas#dbo>> Acesso em: 28 de Out. de 2019.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo . Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - Apêndice A - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 28 out. 2019.

CLAESSEN, Marie Elisabeth Christine. **Manual De Métodos De Análise De Solo**. Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E), 1997.

CLEMENTE, Celso Augusto. **Intemperismo de riólitos e riodacitos da Formação Serra Geral (Jurássico-Cretáceo), das regiões Sul e Sudeste do Brasil**. 2001. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

COELHO, Gláuber Tulio Fonseca ; Sales , Layse Lorena Neves. **Recuperação De Áreas Degradadas Por Disposição De Resíduos Sólidos Urbanos**. 2018. Trabalho Acadêmico, 2018.

COELHO, Débora Leal ; Pimentel , Ida Chapaval; Beux, Márcia Regina. Uso Do Método Do Substrato Cromogênico Para Quantificação Do Número Mais Provável De Bactérias Do Grupo Coliforme Em Águas Minerais Envasadas. *In: Ciências Biológicas*, 1998, Curitiba. **Parte De Monografia [...]**. Curitiba: [s. n.], 1998.

CONTE, V. D., COLOMBO, M., Zanrosso, A. V., SALVADOR, M. **Qualidade microbiológica de águas tratadas e não tratadas na região nordeste do Rio Grande do Sul**. *Infarma*, 16(11), 83-4. 2004.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Dados, Informações e Produtos dos Serviços Geológicos do Brasil**. Disponível em: < <http://geosgb.cprm.gov.br/> >. Acesso em: 27/05/2019.

COSTA, Pedro Oliveira Da Silva. **Avaliação Em Laboratório, Do Transporte De Contaminantes No Solo Do Aterro Sanitário De Sauípe/Ba**. 2002. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Civil: Geotécnica) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

CUNHA, Davi Gasparini Fernandes, et al. **Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005–2009)**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 18.2: 159-168. 2013

D’Almeida, M. L. O.; Vilhena A.; **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado, 2a ed.**, IPT/CEMPRE: São Paulo, 2000.

DEUCHER, M. T. **Retenção e mobilidade de cádmio em solos: revisão e estudo de caso em ambiente tropical**. 2001. 80 f. 2001. PhD Thesis. Dissertação (Mestrado em Geoquímica)- Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.

DE ALMEIDA, Jaqueline Colvara. **Avaliação do Índice de Qualidade da Água na lagoa dos Patos**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista da Universidade Federal de Pelotas – UFEPEL, 2013.

DE ALMEIDA, Brivaldo Gomes, et al. **Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil**. Embrapa Solos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2012.

DE MEDEIROS, Gerson Araújo, et al. **Diagnóstico da qualidade da água e do solo no lixão de Engenheiro Coelho, no Estado de São Paulo**. p. 1-18. 2008.

DE SOUSA LUNA, Nayara Rochelli, et al. Dinâmica do nitrato e cloreto no solo e a qualidade das águas subterrâneas do distrito de irrigação Baixo Acaraú, CE. *Revista Agro@mbiente Online*, 7.1: 53-62. 2013.

DERÍSIO, J. C. 2012. **Introdução ao Controle da Poluição Ambiental**. 4ed. São Paulo Editora Oficina de textos, 223p.

DE VIVES, Ana Elisa Siritto, et al. Emprego de Fluorescência de Raio X dispersiva para avaliação da poluição por metais pesados em amostras de água e sedimentos de lagos. 2002.

DIAS, S. M. F.; VAS, L. M. S. **Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos: uma etapa preliminar no gerenciamento do lixo**. Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, FEMISCA. p. 1-5 (2002).

ELK, A. G. H. P. **Redução de emissões na disposição final**. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo aplicado a resíduos sólidos. Rio de Janeiro, IBAM, 2007.

ENSINAS, Adriano Viana. **Estudo da Geração de Biogás no Aterro Sanitário Delta em Campinas- SP**. 2003. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Mecânica) - UFJF, Campinas-SP, 2003.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2ª ed., Rio de Janeiro 1997. Disponível em:< [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos\\_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf)>. Acesso em: 17/11/2019.

EMBRAPA - Ministério Da Agricultura, Pecuária E Do Abastecimento. **Mapa Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional De Pesquisa De Solos**. Unidade De Execução De Pesquisa E Desenvolvimento De Recife. - UEP/Recife. 2005.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro. 412p. 1999.

EVANGELISTA, Fábio Sidonio de Barros. SILVA, Izabel Cristina Rodrigues da. **Fontes de contaminação pelo Chumbo (Pb)**. 8ª Mostra de produção científica da pós-graduação lato sensu da PUC Goiás, v. 1, p. 1426, 2013.

TEIXEIRA, Paulo César, et al. **Manual de Métodos de Análise De Solo**. 3ª edição revista e atualizada. Brasília, DF: EMBRAPA. 573p, 2017.

FÁVARO, Bruna de Lima. **Avaliação Ambiental de Propriedades Químicas do Solo em Lixão Desativado do Município de Rolândia-PR**. 2014. Trabalho de Conclusão de curso (Engenheiro Ambiental) - Londrina, Bauru, 2014.

FERREIRA, P.; PIAI, K.; TAKAYANAGUI, A.; SEGURA-MUÑOZ, S. Alumínio como fator de risco para a doença de Alzheimer. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 16, n. 1, p. 151-157, 1 fev. 2008.

FILIZOLA, Heloisa Ferreira; GOMES, Marco Antônio Ferreira; SOUZA, Manoel Dornelas de. Coleta de Amostras em Áreas Agrícolas para Análise da Qualidade Ambiental: Solo, Água e Sedimentos. **Manual de Procedimentos de Coleta de Amostras em Áreas Agrícolas para Análise da Qualidade Ambiental: Solo, Água e Sedimentos**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006.

FLECK, E. Sistema integrado por filtro anaeróbio, filtro biológico de baixa taxa e banhado construído aplicado ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2003.

FREIRE, Gerson José de Mattos ; FREITAS, Letícia Oliveira. Análise da declividade em lixões do estado de Minas Gerais. *In: ANAIS XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 2009, Natal, Brasil. **Anais [...]**. Natal: [s. n.], 2009.

FILHO, Naomar de Almeida; ROUQUAYROL, Maria Zelia. **Epidemiologia e saúde. In: Epidemiologia e Saude**. 1999.

FILHO, Luiz Fernandes de Brito. **Estudo De Gases Em Aterros De Resíduos Sólidos Urbanos**. 2005. Dissertação de Mestrado (Mestre em Ciências em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, RIO DE JANEIRO-RJ, 2005.

FRANKENBERG, Claudio Luis Crescente. **Resíduos sólidos: geração, gestão e responsabilidades**. Revista Textual da PUCRS, Porto Alegre. p 13. 2011.

GEOPROSPEC. **Estudo de Impacto Ambiental - EIA**. Caçapava do Sul, 277 p. Av. Farrapos, 146 conj. 62 - CEP 90220-000 - Bairro Floresta - Porto Alegre/RS. 2016.

GLORIA, Lucivania Pereira; HORN, Bruna Carolina; HILGEMANN, Maurício. **Avaliação Da Qualidade Da Água De Bacias Hidrográficas Através Da Ferramenta Do Índice De Qualidade Da Água-Iqa**. Revista Caderno Pedagógico, 14.1. 2017.

GOMES, Cristiane Heredia; DE ALMEIDA, Delia Del Pilar Montecinos; SPERANDIO, Diogo Gabriel. Geoquímica De Sedimentos Da Confluência Das Bacias Hidrográficas Baixo Jacuí E Vacacaí-Mirim, Caçapava Do Sul-Rs: Implicações Para Proveniência E Intemperismo Químico. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41.3: 470-482, 2019.

GÜNTHER, Wanda M. Risso. **Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana**. São Paulo em Perspectiva, 20.2: p.105-117, 2006.



HELLER, Léo; DE PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG, 2006.

HOROWITZ, Arão; DA SILVEIRA DANTAS, Humberto. **Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. I. Manganês na Zona da Mata e no Sertão**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1966, 1.1: 383-390.

HORTA, M. C.; TORRENT, J. **Dinâmica do fósforo no solo, perspectiva agronômica e ambiental**. Castelo Branco, IPCB. 97p, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. BRASIL: IBGE. 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PAS - Pesquisa Anual de Serviços, 2018**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/cacapava-do-sul.html?>>. Acessado em: 02/06/2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. 2010. Disponível em: . Acesso em: 06 de març.de 2019.

JESUS, Lucas Scarpanti de. **Estudo de permeabilidade dos Solos de fundação do aterro de Resíduos Sólidos Urbanus de Bauru**. 2012. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.

KOKOVICH, Paulo Fogaça; RIBEIRO JUNIOR, Paulo Josino do Amaral. **Origem Das Cargas Nos Solos**. Ebah, Alta Floresta, p.3-27, 15 jun. 2008. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAAPUUAUF/origem-das-cargas-nos-solos#comments>>. Acesso em: 15 maio 2019.

KOZAK, Pedro Altamir, et al. **Identificação, Quantificação E Classificação Dos Resíduos Sólidos De Uma Fábrica De Móveis**. Revista Acadêmica: Ciência Animal, 6.2: 203-212, 2008.

LACORTE, Livia Maria. **Exposição crônica ao cádmio e/ou à cafeína: alterações estruturais, ultraestruturais e bioquímicas na próstata do rato**. –Botucatu: [s.n.], Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2012.

LANZA, Vera Cristina Vaz, et al. **Caderno Técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos**.– Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente: Fundação Israel Pinheiro, 2010.

LAUERMANN, Andressa. **Caracterização química dos efluentes gerados pelo aterro controlado de Santa Maria e retenção de chumbo e zinco por um argissolo da depressão central do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado (Mestre em Ciência do Solo), Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

LENZ, GUILHERME. **Estudos Geofísicos Em Aterro Controlado, Caçapava Do Sul – Rs**. 2016. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharel) - UNIPAMPA, Caçapava do Sul, 2016.

- LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação Dos Solos**. Oficina de Textos. São Paulo. 2002.
- LIMA, L.M.Q. **Lixo -Tratamento e Bio-remediação, São Paulo**. Hemus Editora Ltda, 1995.
- LIMA, Luiz Mário Queiroz. **Lixo: tratamento e biorremediação**. 3 ed. São Paulo: Hermus, 2004.
- LIMA, Robson Silva de; ALVES, José Patrocínio Hora. **Avaliação da qualidade da água dos reservatórios localizados nas bacias hidrográficas dos rios Piauí–Real, utilizando o índice de qualidade da água (IQA)**. *Scientia Plena*, 13.10. 2017,
- LIMA, Herlander mata. **Mecânica do Solo Fluxo Bidimensional- Redes de Fluxo.**, [S. l.], 2014. Disponível em: < <https://document.onl/documents/mecanica-dos-solos-nivel-graduacao-feisunespbr-mecanica-dos-solos.html> >. Acesso em: 17/05/2019.
- LINO, Isabela Coutinho. **SELEÇÃO DE ÁREAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS: ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS**. 2007. Dissertação de Mestrado (Mestre em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP, 2007.
- KEIMERICH, P. D. C. et al. **Impactos Ambientais Decorrentes da Disposição Inadequada de Lixo Eletrônico no Solo**. *Revista de Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal*, v. 10, n 2, p. 208 – 219, mar./abri.2013.
- KLEIN, Claudia; AGNE, Sandra Aparecida Antonini. **Fósforo: de nutriente à poluente**. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 8.8: 1713-1721. 2012.
- MANOEL, LO; CARVALHO, S.L I. **Avaliação Do Índice De Qualidade De Água (Iqa) De Duas Nascentes No Município De Ilha Solteira -Sp**. Departamento de Biologia e Zootecnia, Solteira -SP, 2013. Campus Ilha Solteira/SP, Departamento de Biologia e Zootecnia.
- Marques RFPV. 2011. **Impactos ambientais da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo e na água superficial em três municípios de Minas Gerais**. 95f. Dissertação (Pós-graduação em recursos hídricos em sistema agrícolas) – Universidade Federal de Lavras. 2011.
- MELO JÚNIOR, J.C.F.; AMORIM, M.W.; SEVERINO, A.L.; OLIVEIRA, T.M.N.; BARROS, V.G. **Diversidade e estrutura comunitária da vegetação em regeneração natural em uma área de lixão desativado**. *Acta Biológica Catarinense*, Joinvile, v.2, n.1, p.32-47, 2015.
- MENDES, V.T.; **Estudo da Permeabilidade e Características Físicas do Solo na Fazenda Argentina no Município de Campinas, SP**. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de bacharel em Geologia. 2017. Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP. 2017.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4<sup>o</sup> ed. Boston, Editora McGraw-Hill, p.1819. 2003.

MILHOME, M. A. L. et al. **Diagnóstico da Contaminação do Solo por Metais Tóxicos Provenientes de Resíduos Sólidos Urbanos e a Influência da Matéria Orgânica**. Rev. Virtual Quim, v. 10, n. 1, p. 59-72, 2018.

MIRANDA, Sandro Ari Andrade de. Artigo: **O Problema dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/coleta-seletiva/artigo-o-problema-dos-residuos-solidos/>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

MONTEIRO, José Henrique Penido, et al. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. 2001.

MUÑOZ, Susana Inés Segura. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados**. Saúde Ambiental. Ribeirão Preto, 2002.

NOGUEIRA, Israel de Almeida. **Recuperação De Lixões: Proposta De Metodologia De Apoio À Tomada De Decisão**. 2015. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharel em Engenharia ambiental) - UFJF, Juiz de Fora, 2015.

NARDI, Lauro Valentim Stoll; BITENCOURT, Maria de Fátima. **Geologia, Petrologia e Geoquímica do Complexo Granítico de Caçapava do Sul, RS**. Revista Brasileira de Geociências, Porto Alegre, RS, 1 jun. 1989. Instituto de Geociências, URS. Av Bento Gonçalves, 95000, CEP 91500, Porto Alegre, RS.

NUNES, Ronison Inocencio *et al.* **Análise dos Parâmetros Físicos: Sólidos Totais, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Totais Dissolvidos e Sólidos Suspensos nas Águas do Vale do Açu**. In: 5<sup>o</sup> Encontro Regional De Química & 4<sup>o</sup> Encontro Nacional De Química, 2015, Vale do Açu. **Artigo** [...]. Vale do Açu, Rio Grande do Norte: [s. n.], p. 1-8. 2015.

NUNES, CLAYTON REZENDE. **PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA A ELABORACAO DE PROJETOS DE ATERROS SANITARIOS CELULARES**. 1994. Dissertação de Mestrado (Mestre em Hidraulica e Saneamento) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo-SP, 1994.

OBLADEN, Nicolau Leopoldo; OBLADEN, Neiva Terezinha Ronsani; BARROS, Kelly Ronsani. **Guia para elaboração de projetos de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos**. Série de publicações temáticas do CREA-PR, 3.4. 2009.

OLIVEIRA, Mayara Cecile Nascimento. Níveis de eutrofização do Açude Argemiro de Figueiredo (Acauã-PB) e condições de tratamento de sua água para remoção de cianobactérias por coagulação, floculação e sedimentação. 2013.

OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J.; SANTOS, R. S. M.; FANCELLI, A. L.; NOURADO NETO, D.; FARIA, C. D. Concentrações residuais de cobre, ferro, manganês e zinco em

latossolo roxo eutrófico sob diferentes tipos de manejo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.31, n.2, p.97-103, 2001.

ÖSTMAN, M., et al. **Metal And Organic Matter Contents In a Combined Household and Industrial landfill.** *Waste management*, 26.1: 29-40. 2006.

SIMÕES, I.S. **AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO FORQUILHAS. 2017.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) Universidade do Sul de Santa Catarina, São José, 2017.

PIERANGELI, Maria Aparecida Pereira; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães; CURI, Nilton; SILVA, Marx Leandro Naves; OLIVEIRA, Leyser Rodrigues; LIMA, José Maria de. **Efeito do pH na adsorção-dessorção de chumbo em latossolos brasileiros.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, pp. 269-277, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo Brasil, vol. 25, núm. 2, 2001.

PINTO, Herbert Prince Favero. **Três estratégias para análise quantitativa ou qualitativa por espectroscopia de Fluorescência de raios-X por energia dispersiva.** 2013. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Química) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

PINTO FILHO, J. D. O., SOUZA, M., SANTOS, E., GÊ, D., & CESAR FILHO, P. (2012). **Monitoramento dos teores totais e disponíveis de metais pesados no lixão do município de Apodi-RN.** *Revista Verde*, 7(1), 141-147. 2012.

PINTO M.C.F. **Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido.** MG, CPRM- serviço geológico do Brasil, Versão maio 2007.

POSSAMAI, Fernando Pagani, et al. **Lixões inativos na região carbonífera de Santa Catarina: análise dos riscos à saúde pública e ao meio ambiente.** *Ciência & Saúde Coletiva*, p. 171-179. 2007

QUEIROZ , João Paulo Resende. **Determinação de nitrato em águas pelo método direto pelo ultravioleta:** comparação com outros métodos e influências do pH, concentração de cloreto e nitrito. Orientador: João Alfredo Medeiros. 2015. 69 f. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharel em Química com Atribuições Tecnológicas.) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

REIMANN, C. & CARITAT, P. de. 1998. Elementos químicos no meio ambiente. Fichas técnicas para o geoquímico e cientista ambiental. 1998.

REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. **Propriedades físicas do solo.** Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

REIS, J.A.T.; MENDONÇA, A.S.F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. *Revista de Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v.14, n.3, p. 353-362, Rio de Janeiro 2009.

RIGUETTI, Priscilla Fracalossi, et al. **Manganês, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio e crômio no chorume de aterro sanitário em Dourados, MS, Brasil.** *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 10.1: 153-163. 2015.

ROCCA, Alfredo Carlos Cardoso. **Os critérios para a implantação de Aterros Sanitários.** 2016. Disponível em: <[http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver\\_noticia.php?not=323568](http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=323568)>. Acesso em: 09 maio 2019.

ROCHA, ISRAEL LOBATO. **QUALIDADE AMBIENTAL DAS NASCENTES DO RIO PARAÍM, EXTREMO SUL DO PIAUÍ.** 2019. Dissertação (Metre em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado) - Instituto Federal Goiano, Urataí- GO, 2019.

RODRIGUES, F. S. F. **Aplicação da ozonização e do reativo de Fenton como pré-tratamento de chorume com os objetivos de redução da toxicidade e do impacto no processo biológico.** Rio de Janeiro, 2004, 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

RODRIGUES, M.R.M. **Tratabilidade do Lixiviado Efluente da Lagoa Facultativa do Aterro de Curitiba por Lodo Ativado.** Curitiba: UFPR. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. 142 f. , 2007.

SANTOS, Ana Carolina Oliveira *et al.* Estudos geoeletricos em aterro controlado no município de Caçapava do Sul – RS. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM**, Santa Maria, ano 2014, p. 100-112, 1 abr. 2014.

SERAFIM, Aline Camillo, et al. **Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamento. III Fórum de Estudos Contábeis. Rio Claro: Centro Superior de Educação Tecnológica**, p. 1-7. 2003.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente. Prefeitura Municipal de Caçapava do Sul. **Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul.** 2019. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>>. Acesso em: 27 maio 2019.

SALES, Carlos Humberto Nascimento et al. **DIAGNÓSTICO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA ÁREA DO LIXÃO DE UM MUNICÍPIO NO SERTÃO CENTRAL DO CEARÁ. Encontro de Extensão, Docência e Iniciação Científica (EEDIC)**, v. 5, n. 1, 2019.

SAMPAIO, J. A.; SILVA, F. A. N. G.. **Análise granulométrica por peneiramento.** IN: Tratamento de Minérios: práticas laboratoriais. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, p. 55-72, 2007.

SANTANA, O. A.; ENCINAS, J. I. Composição Química do Solo e da Água Subterrânea em Áreas Adjacentes a Aterros Sanitários. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife -PE, v.4, n.3, p.318-328, 2009.

SANTOS, Maurício Moreira dos. **Avaliação hidrogeológica para determinação da vulnerabilidade natural do aquífero freático em área selecionada na cidade de Londrina (PR).** 2005.

SOILMOISTURE CORP. Model 2800K1, Guelph Permeameter: **Operating Instructions**. Santa Bárbara, CA 93105, 28p. SÓLIDOS, Portal Resíduos. **Aterro Sanitário**. 2013. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/aterro-sanitario/>>. Acesso em: 10 maio 2019.

SOUZA, Valmir de. **Avaliação da contaminação do solo por metais tóxicos (cádmio, cromo, chumbo e alumínio) em estandes de tiro no estado do Paraná/Brasil**. 2016.

Souza, M. J. B. **Avaliação de Metais Traço no Sedimento do Sistema Estuarino dos Rios Piraquê-açu e Piraquê-mirim (Aracruz-ES)**. MS thesis. Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

SILVA, Leonardo Rosa Da. **Índices Físicos Do Solo E Alterações Químicas Decorrentes Da Ocupação Por Necrópole Em Caçapava Do Sul - Rs**. 2016. Trabalho De Conclusão De Curso (Bacharel Em Engenharia) - UNIPAMPA, Caçapava Do Sul, 2016.

SILVA, Sandro Pereira. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **A ORGANIZAÇÃO COLETIVA DE CATADORES DE MATERIAL RECICLÁVEL NO BRASIL: DILEMAS E POTENCIALIDADES SOB A ÓTICA DA ECONOMIA SOLIDÁRIA**. Brasil. 2017. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=29296:apenas-13-dos-residuos-urbanos-no-pais-vaio-para-reciclagem&catid=1:dirur&directory=1](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29296:apenas-13-dos-residuos-urbanos-no-pais-vaio-para-reciclagem&catid=1:dirur&directory=1)>. Acesso em: 04 maio 2019.

TADA, Agnes Massumi *et al.* **Armazenamento de lixo urbano em Lixões e Aterros Sanitários: Contaminação do solo, proliferação de macro e micro vetores e contaminação do lençol freático**. 2009. Trabalho Acadêmico (Sociedade, Meio Ambiente e Cidadania) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

TEIXEIRA, RAQUEL SOUZA. **Caracterização E Avaliação Da Contaminação Do Solo Laterítico Da Área Do Depósito De Resíduos Sólidos Urbanos De Londrina Por Metais Pesados**. 2008. Tese (DOUTOR em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis/SC, 2008.

TEXEIRA, Silvana. **Os aterros sanitários têm de ter licenciamento ambiental? [21]**. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/os-aterros-sanitarios-tem-de-ter-licenciamento-ambiental>>. Acesso em: 07 maio 2019.

TOLEDO, L.G. de; NICOLELLA, G. **Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano**. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.59, n.1, p.181-186, 2002.

VERÍSSIMO, Fernanda Albuquerque dos Reis. **Aplicação De Métodos De Avaliação De Qualidade De Água Para Investigação Da Viabilidade Da Implantação Da Ostricultura No Baixo Curso Do Rio São João**. 2012. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense, MACAÉ/RJ, 2012.

VILHENA, André *et al.* **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: CEMPRE, 2018.

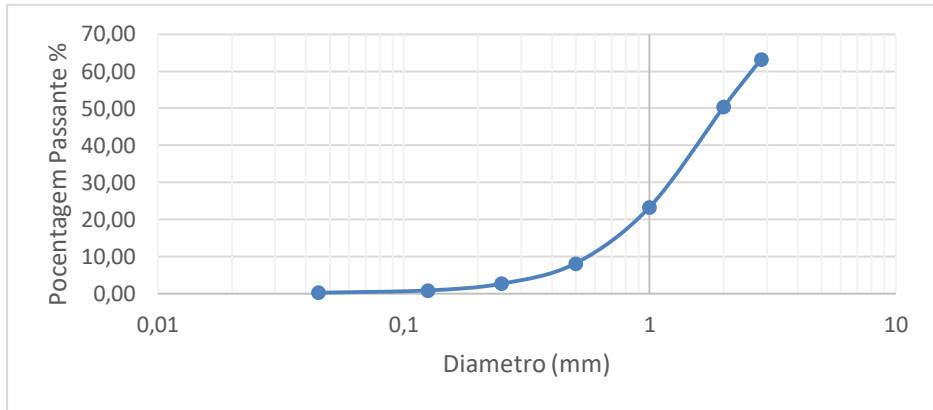
VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.

WEBER *et al.* **Cargas Elétricas Estruturais e Variáveis de Solos Tropicais Altamente Intemperizados**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, n.6, p 867-873, novembro/dezembro, Viçosa, 2005.

WREGGE, Marcos Silveira, *et al.* **Atlas climático da região sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012.

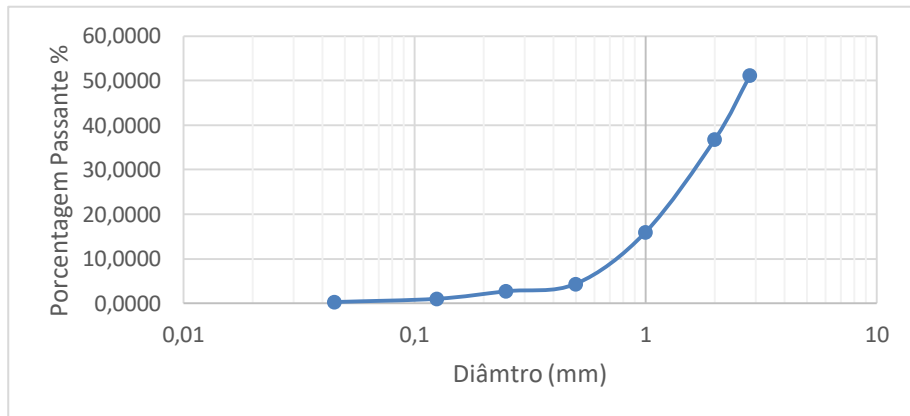
**APÊNDICE A- CURVAS GRANULOMÉTRICAS**

Figura 19 -Curva Granulométrica-PSB 30 cm.



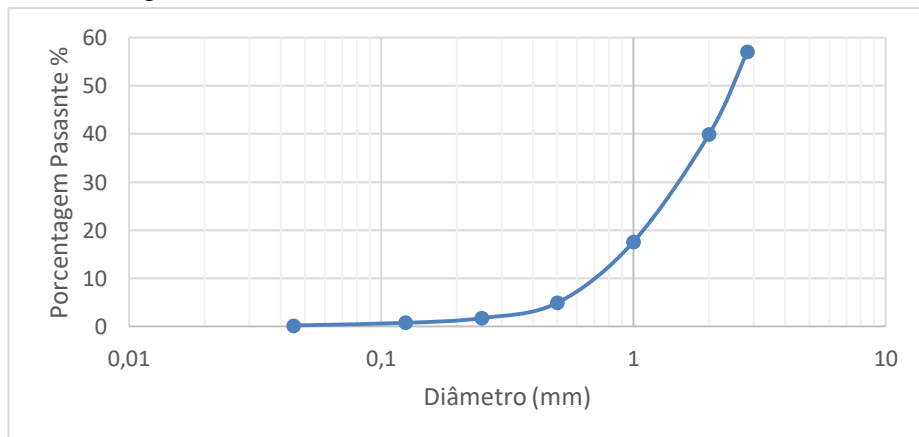
Fonte: Autor (2019).

Figura 20 - Curva Granulométrica-PSB 70 cm.



Fonte: Autor (2019).

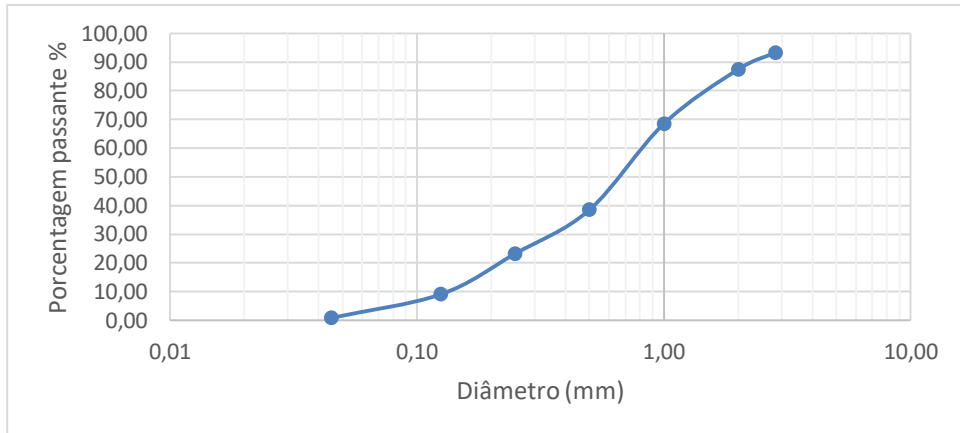
Figura 21 - Curva Granulométrica-PSB 120 cm.



Fonte: Autor (2019).

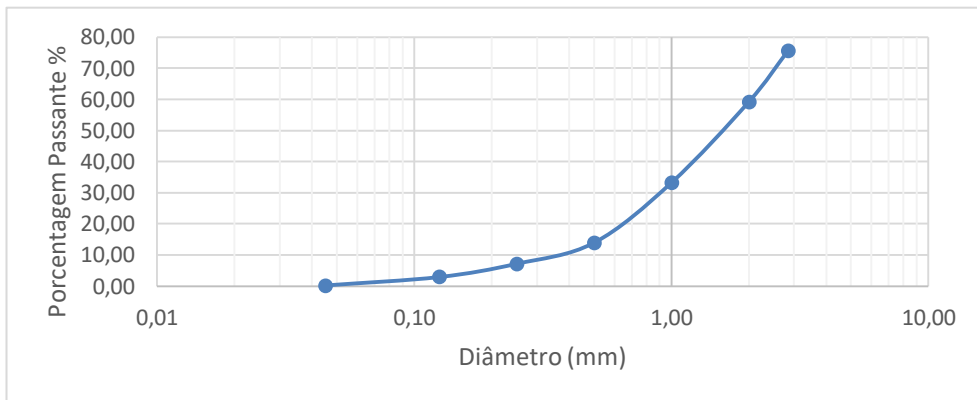


Figura 22 - Curva Granulométrica-PS1 30 cm.



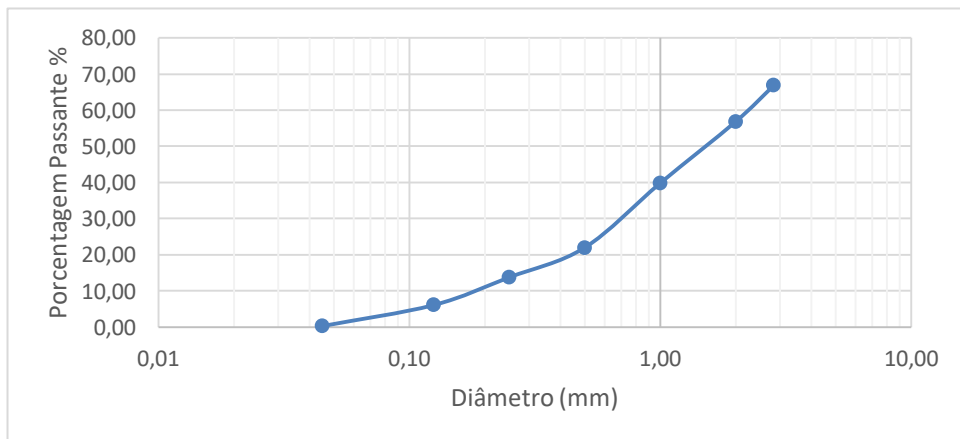
Fonte: Autor (2019).

Figura 23 - Curva Granulométrica-PS1 70 cm.



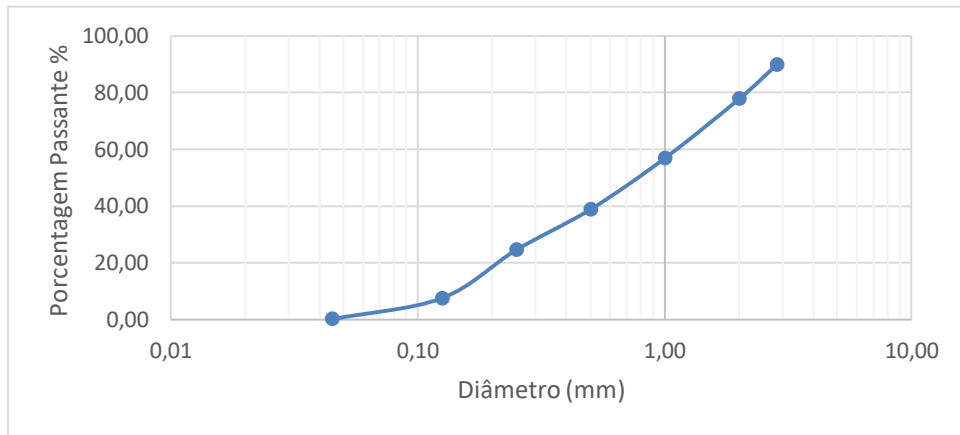
Fonte: Autor (2019).

Figura 24 - Curva Granulométrica- PS1 120 cm.



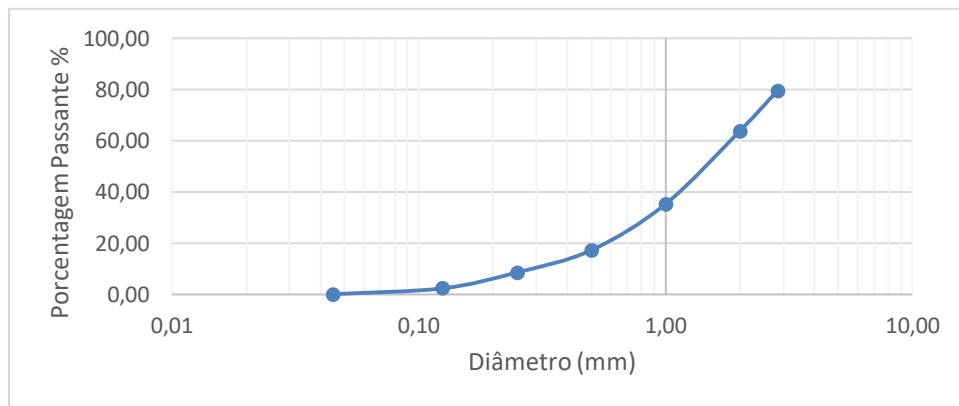
Fonte: Autor (2019).

Figura 25- Curva Granulométrica PS2 30cm



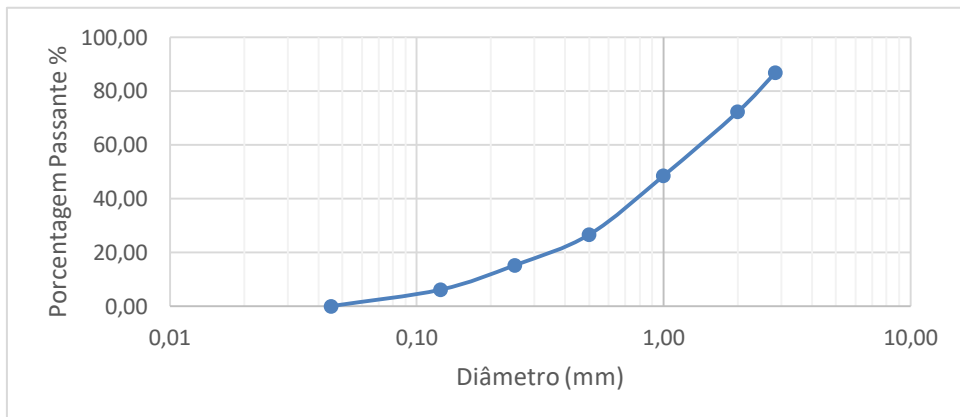
Fonte: Autor (2019).

Figura 26- Curva granulométrica PS2 70 cm.



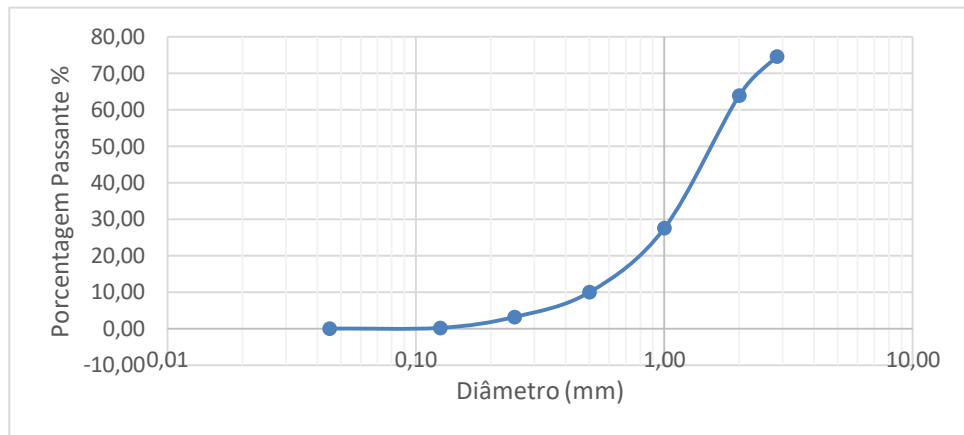
Fonte: Autor (2019).

Figura 27 -Curva Granulométrica PS2 120 cm.



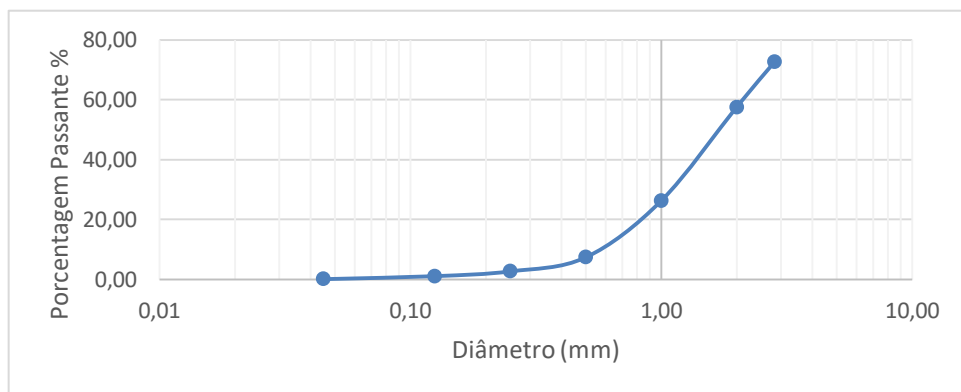
Fonte: Autor (2019).

Figura 28 - Curva Granulométrica-PS3 30 cm.



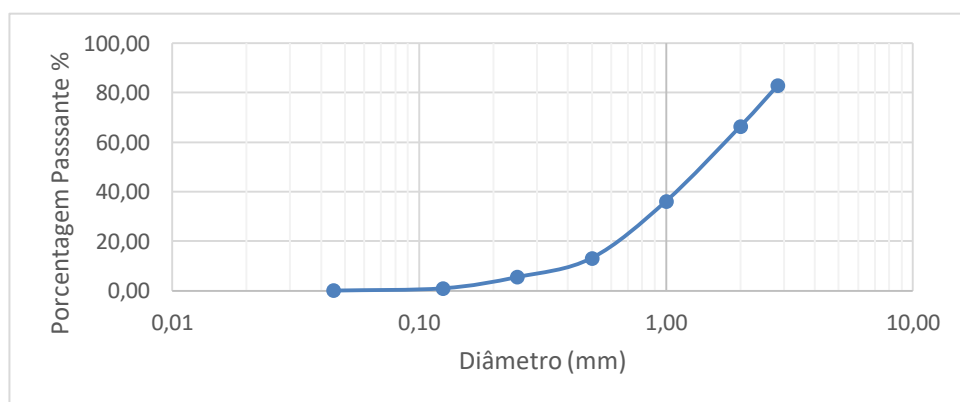
Fonte: Autor (2019).

Figura 29 - Curva Granulométrica-PS3 70 cm.



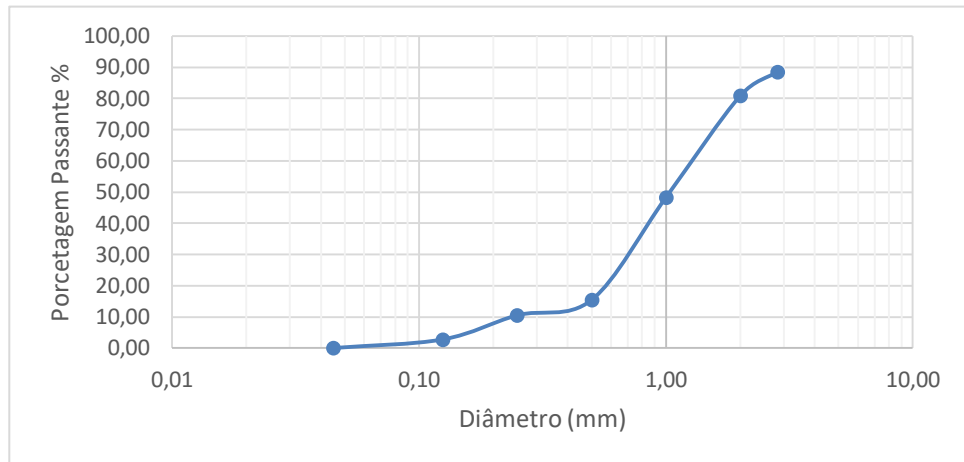
Fonte: Autor (2019).

Figura 30 - Curva Granulométrica-PS3 120 cm.



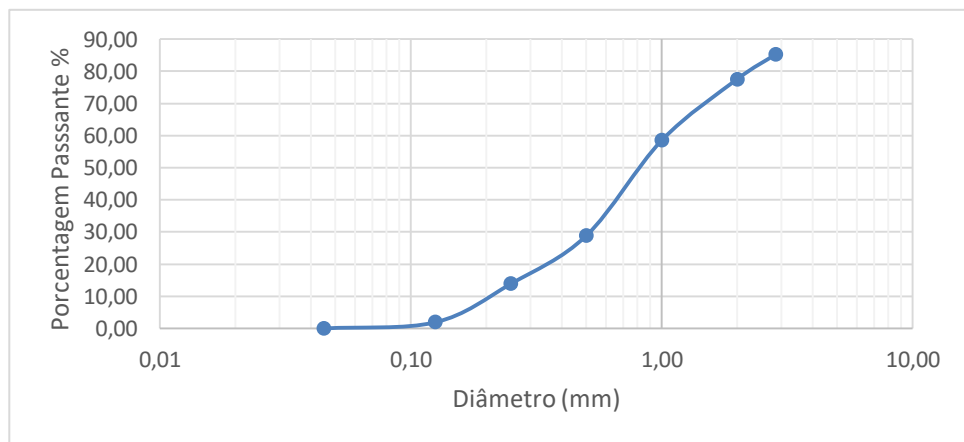
Fonte: Autor (2019).

Figura 31 - Curva Granulométrica-PS4 30 cm.



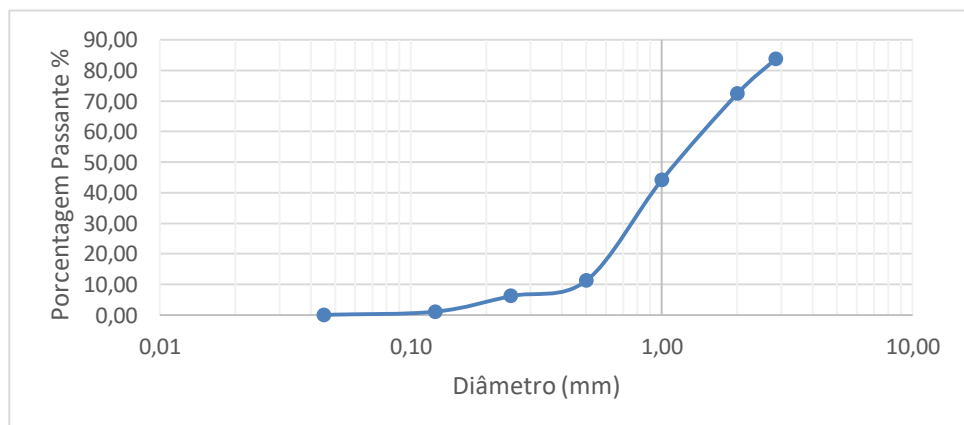
Fonte: Autor (2019).

Figura 32 - Curva Granulométrica-PS4 70 cm.



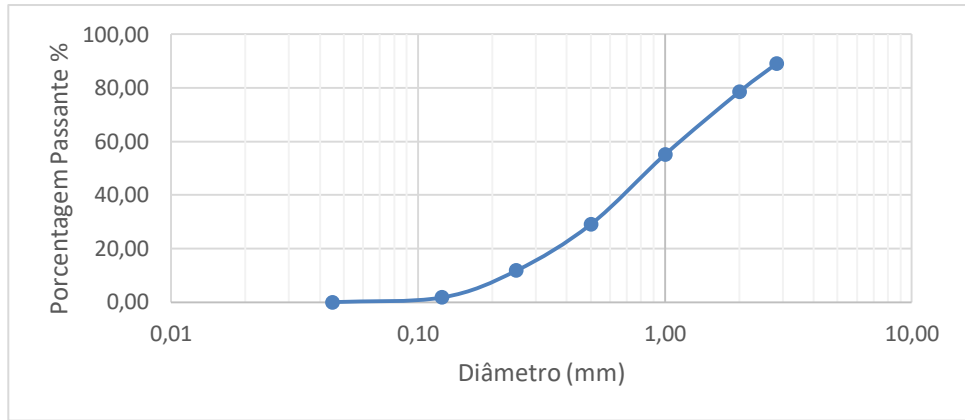
Fonte: Autor (2019).

Figura 33 - Curva Granulométrica- PS4 120 cm.



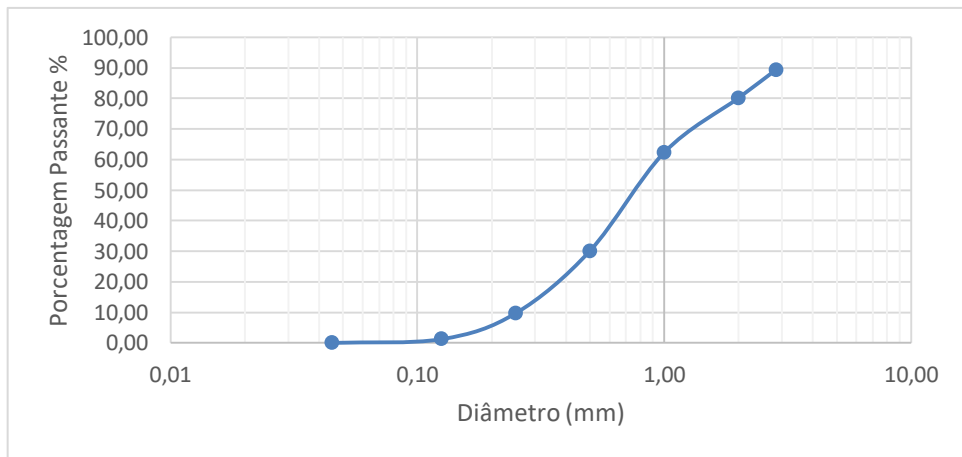
Fonte: Autor (2019).

Figura 34 - Curva granulométrica-PS5 30 cm.



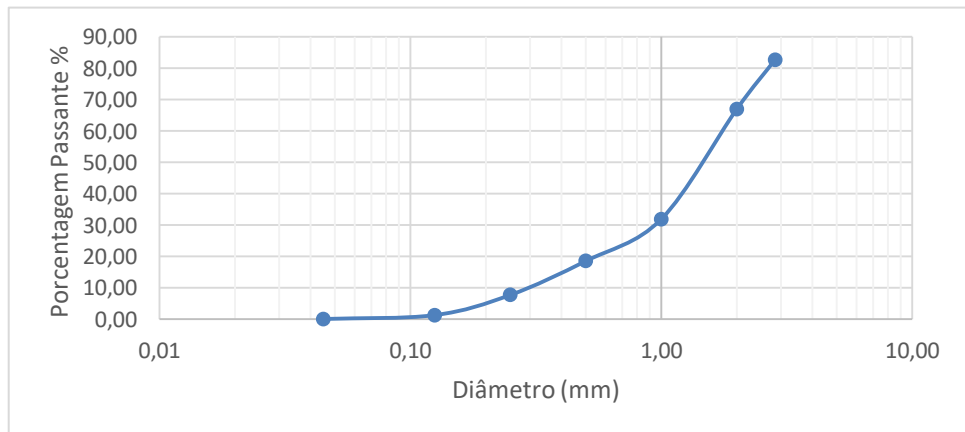
Fonte: Autor (2019).

Figura 35 - Curva Granulométrica-PS5 70 cm.



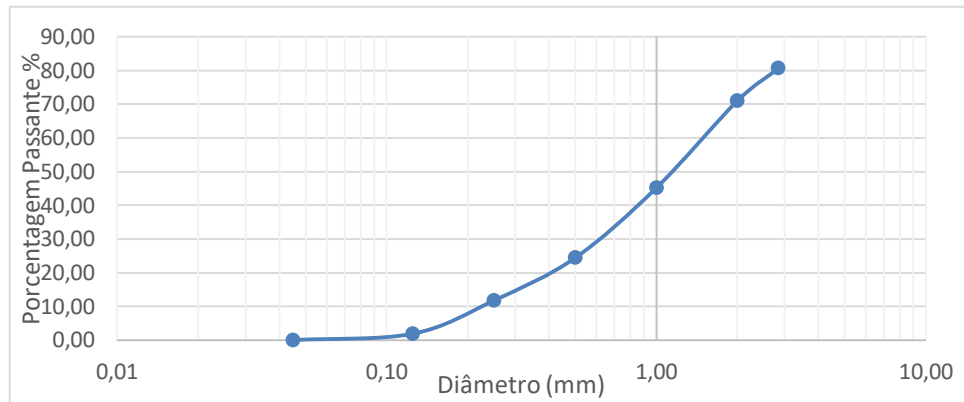
Fonte: Autor (2019).

Figura 36 - Curva Granulométrica PS5 120 cm.



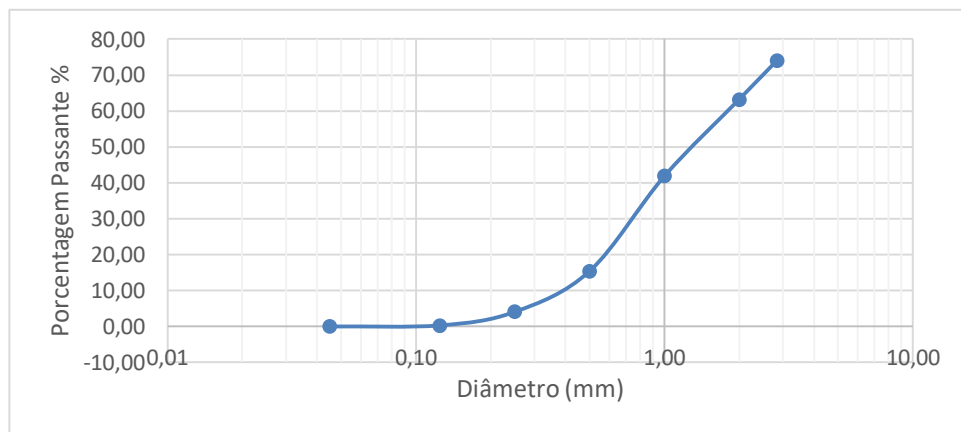
Fonte: Autor (2019).

Figura 37 - Curva Granulométrica- PS6 30 cm.



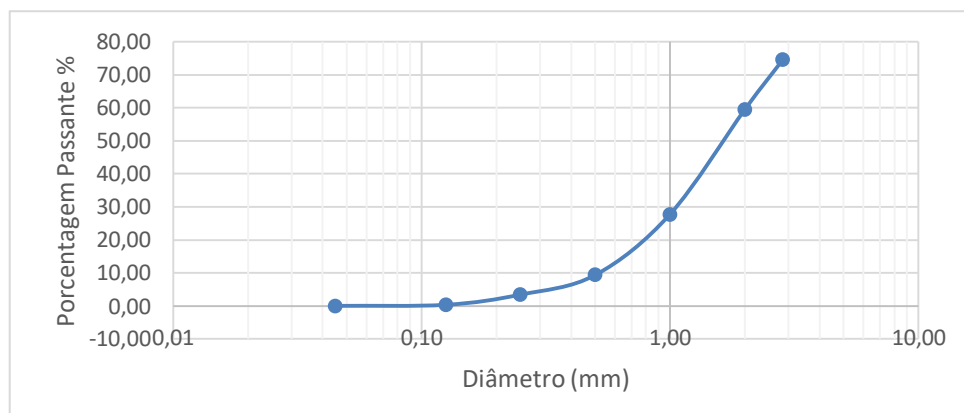
Fonte: Autor (2019).

Figura 38 - Curva Granulométrica-PS6 70 cm.



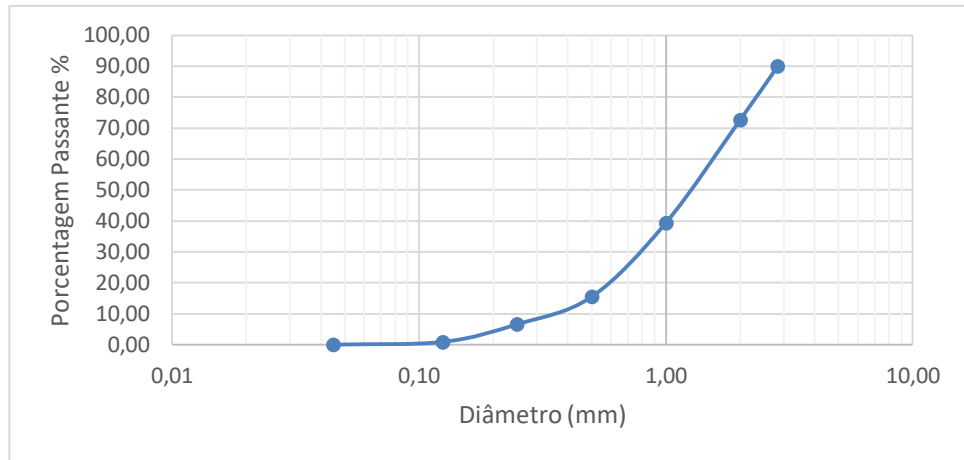
Fonte: Autor (2019).

Figura 39 - Curva Granulométrica- PS6 120 cm.



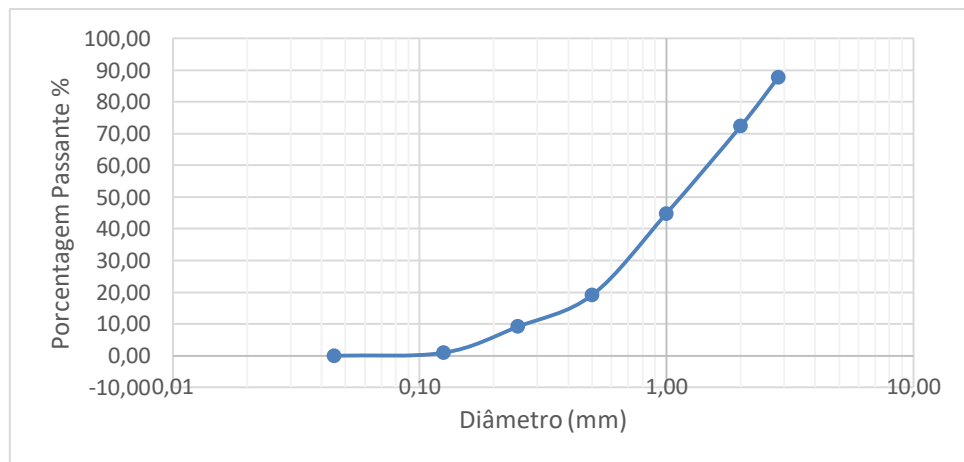
Fonte: Autor (2019).

Figura 40 - Curva Granulométrica- PS7 30 cm.



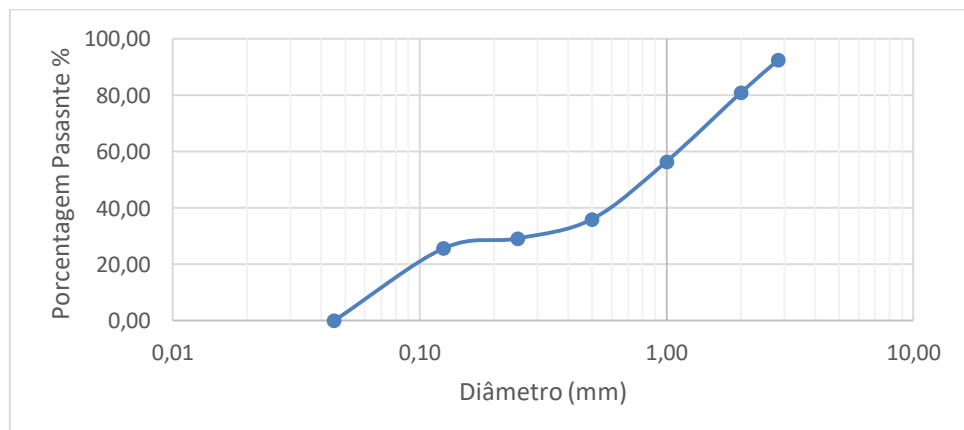
Fonte: Autor (2019).

Figura 41 - Curva Granulométrica PS7 70 cm.



Fonte: Autor (2019).

Figura 42 - Curva Granulométrica PS7 120 cm.



Fonte: Autor (2019).