

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA  
BAHIA, CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**GIOVANNA PRATES DAS VIRGENS**

**DIMENSIONAMENTO DE ATERRO SANITÁRIO DE PEQUENO PORTE  
EM RIBEIRÃO DO LARGO, BAHIA.**

**VITÓRIA DA CONQUISTA/ BA**

**2025**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA  
BAHIA, CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**GIOVANNA PRATES DAS VIRGENS**

**DIMENSIONAMENTO DE ATERRO SANITÁRIO DE PEQUENO PORTE  
EM RIBEIRÃO DO LARGO, BAHIA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Gleide Nascimento Azevedo.

Coorientador: Daniel Pedro Santos Marinho.

**VITÓRIA DA CONQUISTA/ BA**

**2025**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DO IFBA, COM OS  
DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

V816d Virgens, Giovanna Prates das.

Dimensionamento de aterro sanitário de pequeno porte em  
Ribeirão do Largo, Bahia. / Giovanna Prates das Virgens; orientadora  
Gleide Nascimento Azevedo; coorientador Daniel Pedro Santos  
Marinho. -- Vitória da Conquista, 2025.

56 p.: il.

Orientadora: Gleide Nascimento Azevedo  
Coorientador: Daniel Pedro Santos Marinho  
Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Instituto  
Federal da Bahia, Campus Vitória da Conquista, 2025.

1. Aterro Sanitário. 2. Método de Valas. 3. Resíduos. 4.  
Ribeirão do Largo (Ba) I. Azevedo, Gleide Nascimento, orient. II.  
Marinho, Pedro Daniel Santos, coorient. III. Título.

CDU: 628.312.1

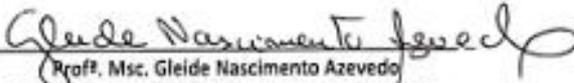
**GIOVANNA PRATES DAS VIRGENS**

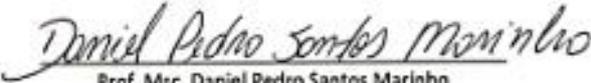
**DIMENSIONAMENTO DE UM ATERRO SANITÁRIO DE PEQUENO  
PORTE EM RIBEIRÃO DO LARGO, BAHIA**

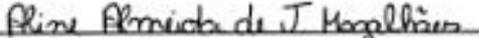
A presente Monografia, apresentada em sessão pública realizada em quinze de abril de 2025, foi avaliada como adequada para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental, julgada e aprovada em sua forma final pela Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista.

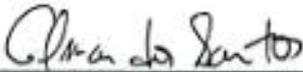
Data da Aprovação: 15 de abril de 2025

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof.ª Msc. Gleide Nascimento Azevedo  
Orientadora – IFBA Campus Vitória da Conquista

  
Prof. Msc. Daniel Pedro Santos Marinho  
Coorientador

  
Prof.ª Msc. Aline Almeida de Jesus Magalhães  
IFBA Campus Vitória da Conquista

  
Prof. Msc. Gilmar dos Santos  
IFBA Campus Vitória da Conquista

Vitória da Conquista, 15 de abril de 2025

---

## AGRADECIMENTOS

"Não a nós, Senhor, nenhuma glória, mas ao Teu nome, por Teu amor e Tua fidelidade." (Salmo 115,1)

Ao chegar até aqui, meu coração transborda de gratidão. Agradeço ao Bom Pastor, Jesus, que com Sua infinita misericórdia me alcançou e me alcança todos os dias. Sua fidelidade e Seu amor por esta humilde serva foram meu sustento nos momentos mais difíceis, e Sua presença doce e constante foi o que me manteve firme quando as forças humanas já não bastavam.

Agradeço, com todo amor que há em mim, ao meu avô Aurisdete (em memória), o grande amor da minha vida, que sonhou esse sonho comigo antes mesmo dos meus primeiros passos. Sua fé em mim e seu carinho continuam vivos em cada conquista minha. Que ele receba, onde estiver, a alegria de ver esse sonho realizado.

Às mulheres mais incríveis da minha vida, Jenesia e Janete, que são minha base, minha força e meu lar: vocês me ensinaram que é possível vencer com dignidade, com verdade e com fé. Foram vocês que me levantaram quando tudo parecia ruir. Obrigada por nunca soltarem minha mão, por cada lágrima dividida, por cada noite mal dormida, por cada palavra de incentivo. Essa vitória é nossa.

Com todo o amor da minha alma, agradeço aos meus tios, que foram verdadeiros instrumentos de Deus na minha vida. À minha tia Maria Neuza (em memória), que me acolheu em sua casa e fez daquele espaço um abrigo para meus sonhos, sua generosidade me deu chão quando eu mais precisava. Ao meu tio Aurindo, que se fez pai quando o meu partiu, me guiando com conselhos, cuidado e uma presença que me sustentou nos momentos mais difíceis. E à minha tia Maria José, minha eterna incentivadora, que sempre enxergou em mim um futuro brilhante mesmo quando meus olhos estavam embaçados pelas dificuldades.

Ao IFBA, minha eterna gratidão. Foi mais do que uma instituição — foi o solo fértil onde floresceu o que havia de melhor em mim. Aqui encontrei desafios que me transformaram, mestres que me inspiraram e amigos que levarei para sempre.

Aos meus professores, com especial carinho aos meus orientadores Professora Gleide Nascimento e Daniel Pedro: obrigada por acreditarem em mim mesmo nos dias em que nem eu conseguia acreditar. Pela paciência nos momentos difíceis, pela dedicação constante, pelos

conselhos e orientações que foram farol no meio da tempestade. Levo comigo tudo que aprendi com vocês.

Aos meus colegas de caminhada, obrigada por dividirem as alegrias e os fardos dessa jornada. E a vocês, meus amados amigos Fabiola, Laura, Aline, Sany, Murilo, Bianca e Ruan, obrigada por serem abrigo nos meus dias escuros. Vocês foram risos em meio ao cansaço, força nos momentos de fraqueza, e amor nos detalhes.

A todos vocês que foram parte da minha história: meu coração agradece com cada batida. E ao meu Deus, que escreveu cada linha desse capítulo: obrigada por nunca desistir de mim.

*Consola-me o fato de que o Senhor sabe trabalhar e agir  
também com instrumentos insuficientes.*

*(Papa Bento XVI)*

## RESUMO

O gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos consiste em uma das preocupações enfrentadas pelas cidades especialmente em regiões em desenvolvimento, onde o crescimento da população não está alinhado com a evolução da infraestrutura. Nesse contexto, Ribeirão do Largo não é uma exceção. O aumento na produção de resíduos, quando combinado com o armazenamento inadequado, pode provocar sérios danos ao meio ambiente. O objetivo geral deste trabalho é dimensionar um aterro sanitário utilizando o método de valas. A metodologia consistiu em analisar a produção de resíduos sólidos domiciliares, fundamentada nos parâmetros normativos propostos estabelecidos pela Norma ABNT NBR 15849 – Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento e pelas leis a nível federal e estadual. Os resultados obtidos indicam que a geração per capita de resíduos no município é de 0,44 kg/habitante/dia, com um peso específico médio de 164 kg/m<sup>3</sup>. Diante dessas informações, foi viável dimensionar o aterro sanitário, projetando um sistema de valas com medidas mínimas que não compromettesse sua eficácia técnica ambiental e funcionalidade. Desta forma, a construção deste aterro atenderia os pré-requisitos sob a óptica ambiental e de saúde pública exigidos por lei.

**Palavras-chaves:** Aterro sanitário; método de valas; resíduos sólidos urbanos.

## ABSTRACT

Proper management of urban solid waste is one of the concerns faced by cities, especially in developing regions, where population growth is not aligned with the evolution of infrastructure. In this context, Ribeirão do Largo is no exception. The increase in waste production, when combined with inadequate storage, can cause serious damage to the environment. The general objective of this work is to design a sanitary landfill using the trench method. The methodology analyzed the production of household solid waste, based on the proposed normative parameters established by ABNT and federal and state laws. The results obtained indicate that the per capita generation of waste in the municipality is 0.44 kg/inhabitant/day, with an average specific weight of 164 kg/m<sup>3</sup>. Given this information, it was feasible to design the sanitary landfill, designing a trench system with minimum measurements that would not compromise its technical and environmental effectiveness and functionality. In this way, the construction of this landfill met the prerequisites from an environmental and public health perspective required by law.

**Keywords:** Sanitary landfill; trench method; urban solid waste.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Massa de resíduos sólidos despejada na lona e início do processo de homogeneização	21
Figura 2 - Resíduos sólidos separados por tipo de material	22
Figura 3 - Território do Município de Ribeirão do Largo, Bahia	32
Figura 4 - Parâmetros da Equação IDF	43
Figura 5 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Ribeirão do Largo/BA	46
Figura 6 - Áreas inadequada à alocação de aterros sanitários em Ribeirão do Largo/BA	55

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Documentos Secundários Consultados	34
Tabela 2 - Valores de C para várias superfícies, declividade e tempos de retorno	44
Tabela 3 - Quantidade de domicílios por forma de destinação dos resíduos sólidos – Ribeirão do Largo/BA	45
Tabela 4 - Massa de resíduos gerados pela população atendida estimado em relação à capacidade dos veículos em Ribeirão do Largo/BA	45
Tabela 5 - Censos Demográficos do IBGE de 2000, 2010 e 2022	47
Tabela 6 - População de Ribeirão do Largo – BA	47
Tabela 7 – Resultados do Dimensionamento do Aterro Sanitário	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Instruções para drenagem dos gases	31
Quadro 2 - Coeficiente De Escoamento Superficial (C)	44

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVO</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Objetivo Geral</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos</b>	<b>18</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Resíduos Sólidos Urbanos</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Panorama da Geração de Resíduos Sólidos e Estudos Gravimétricos</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Contribuições normativas para a destinação ambientalmente adequada de resíduo</b>	<b>23</b>
3.3.1 Política Nacional De Resíduos Sólidos	23
3.3.2 Política Estadual de Resíduos Sólidos	25
3.3.3 Política Municipal de Meio Ambiente e Proteção à Biodiversidade	26
<b>3.4 Aterro Sanitário</b>	<b>27</b>
3.4.1 Definição	27
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Área de Estudo</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Levantamento de Dados</b>	<b>33</b>
<b>4.3 Análise do Estudo Gravimétrico</b>	<b>35</b>
<b>4.4 Estudo Populacional</b>	<b>35</b>
<b>4.5 Dimensionamento do Aterro Sanitário</b>	<b>37</b>
4.5.1 Volume De Resíduos Diários De Ocupação (VI) ( $M^3$ /Dia)	37
4.5.2 Padrão De Valas Para 1 (Um) Mês (Vt)	39
4.5.3 Volume Total No Horizonte De Projeto (Vh) (M3)	39
4.5.4 Número De Valas (N)	39
4.5.5 Área Superficial Da Vala (A) (M2)	39
4.5.6 Área Total Ocupada Por Valas (At)	40
4.5.7 Comprimento Da Vala	40
4.5.8 Área Total Necessária	40
4.5.9 Margem	41
4.5.10 Dimensionamento Do Sistema De Drenagem Das Águas Pluviais	42
4.5.11 Coeficiente De escoamento Superficial (C)	43
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>45</b>
<b>5.1 Estabelecer o levantamento quantitativo e qualitativo dos resíduos sólidos domiciliares produzidos na cidade de Ribeirão do Largo</b>	<b>45</b>

<b>5.2 Elaborar um projeto técnico para a construção e operação do aterro sanitário seguindo as normas e legislações pertinentes</b>	<b>47</b>
5.2.1 Estudo Populacional e Demandas	47
5.2.2 Dimensionamento Do Sistema De Drenagem Das Águas Pluviais	49
5.2.3 Infraestrutura De Apoio	52
<b>5.3 Identificar áreas adequadas para a construção do aterro sanitário, considerando critérios ambientais e de segurança</b>	<b>54</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A gestão adequada dos resíduos sólidos é um desafio significativo no Brasil, especialmente no que se refere à destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares. Conforme dados apontados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais ABRELPE (2023), no ano de 2022 o país apresentou aproximadamente 82,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Destaca-se que 40,3% ainda são destinados de forma inadequada. Diante desse cenário, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) delinea diretrizes fundamentais para a gestão ambientalmente adequada dos resíduos e indica que os municípios do Brasil devem adotar aterro sanitário como solução para a disposição final.

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, estados como Santa Catarina e Paraná têm se destacado na destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos (SNIS, 2022). Em Santa Catarina 91,3% dos resíduos são dispostos corretamente em aterros sanitários licenciados e o Paraná registra índices de 86,2%. Além do destaque na gestão correta de resíduos, propagam a adoção de políticas voltadas ao incentivo à reciclagem, logística reversa e tecnologias para aproveitamento energético (SNIS, 2022).

Por outro lado, a Bahia enfrenta inúmeras dificuldades que comprometem a correta destinação dos resíduos. No estado, apenas 44% dos resíduos sólidos são dispostos de forma ambientalmente adequada. O restante, 56%, são destinados incorretamente para lixões ou aterros controlados, que não possuem a devida gestão técnica (SNIS, 2022).

Esta realidade apresenta dificuldades principalmente para os municípios de pequeno porte, nos quais os recursos financeiros e técnicos são escassos (ABRELPE, 2023). Os aterros sanitários convencionais apesar de serem solução regulamentada e segura para a destinação final de resíduos sólidos. No entanto, apresentam desvantagens em determinados contextos, especialmente em municípios de pequeno porte, devido aos elevados custos de implantação e manutenção. Além disso, exigem equipamentos adicionais para o controle ambiental, o que torna sua adoção ainda mais desafiadora para essas localidades (CODER, 2002).

Neste contexto, alternativas mais viáveis, como os aterros sanitários de pequeno porte possibilitam uma abordagem simplificada na construção e operação e, conseqüentemente, com menor investimento em infraestrutura e custos operacionais reduzidos (ABRELPE, 2023). O aterro sanitário em valas é uma técnica de descarte de resíduos sólidos, em municípios de pequenos portes, que produzem no máximo 20 toneladas de resíduos diariamente (SAVASTANO NETO *et al.*, 2010). Essa solução, de acordo com o CODER

(2002), configura-se como uma resposta estratégica para a disposição final de resíduos, pois se alinha com as necessidades locais de gestão de resíduos e ao mesmo tempo contribui para a redução do impacto ambiental. É, portanto, uma maneira eficaz de dispor resíduos de forma controlada e de garantir uma gestão eficiente dos recursos financeiros disponíveis.

O município de Ribeirão do Largo é um dos municípios baianos que enfrenta dificuldades na gestão de resíduos sólidos. Há falta de recursos financeiros, equipe técnica, infraestrutura adequada e a destinação final dos resíduos sólidos domiciliares ainda é realizada em um lixão. Sendo assim, a escolha da técnica de aterro sanitário de pequeno porte em valas poderá adequar-se à realidade e a necessidade do município, oferecer uma solução de baixo custo e operacionalmente simples, garantir a disposição correta dos resíduos, atender às normas ambientais e minimizar possíveis impactos ambientais.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivos Gerais**

Dimensionar um aterro sanitário de pequeno porte pelo método de valas, para a cidade de Ribeirão do Largo – BA.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Analisar o levantamento quantitativo e qualitativo dos resíduos sólidos domiciliares produzidos para a cidade de Ribeirão do Largo, considerando documentos técnicos referencias.

2. Elaborar um projeto técnico para a construção e operação do aterro sanitário, seguindo as normas e legislações pertinentes.

3. Identificar áreas inapropriadas para a construção do aterro sanitário, considerando critérios ambientais e de segurança.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Resíduos Sólidos Urbanos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei Federal 12.305 de 2 de agosto de 2010, direciona os setores públicos e privados do país para gerenciamento dos resíduos sólidos. No Art. 3º, inciso define;

Resíduo Sólido como material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviável em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p.01).

A Lei adota ainda algumas definições importantes, como resíduo domiciliar, oriundo de atividades domésticas realizadas em residências urbanas. Dentre elas, inclui materiais como embalagens, restos de alimentos, plásticos, metais, papéis, entre outros. Os resíduos gerados pelo serviço de limpeza urbanos são considerados decorrente aos serviços de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, ou outros serviços de limpeza urbana, como folhas secas, galhos, terra, areia, lixo nas ruas e outros materiais. Assim, a junção dos resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza urbana, configura-se os resíduos sólidos urbanos, por definição, são resíduos originados das atividades realizadas nas áreas urbanas, abrangendo tanto os resíduos domiciliares quanto os resíduos de serviços de limpeza urbana, comerciais e de atividades públicas. Já os rejeitos são resíduos sólidos que, após esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos viáveis e economicamente viáveis, não apresenta uma alternativa que não a disposição final ambientalmente adequada. São os resíduos que não podem ser reaproveitados ou reciclados.

A composição dos resíduos sólidos é variada, sendo composta por diferentes tipos de materiais de acordo com sua origem e características. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), os resíduos podem ser classificados em diferentes categorias, como: orgânicos, recicláveis, não recicláveis (rejeitos), perigosos, da construção civil e de serviços de saúde. Os resíduos orgânicos incluem restos de alimentos e podas de plantas, enquanto os recicláveis são compostos por materiais como papel, plástico, vidro e metal, que podem ser reaproveitados. Já os rejeitos incluem materiais que não podem ser reciclados, como fraldas descartáveis e cerâmicas quebradas.

A legislação também classifica os resíduos perigosos, como pilhas e baterias, que apresentam riscos à saúde e ao meio ambiente, e os da construção civil, como entulho e restos de concreto. Por fim, os resíduos de serviços de saúde, gerados em hospitais e clínicas, incluem materiais como seringas e produtos contaminados.

### **3.2 Panorama da Geração de Resíduos Sólidos e Estudos Gravimétricos.**

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos (ABRELPE, 2021), em 2020 o Brasil coletou 76,1 milhões de toneladas de resíduos, dos quais 60% receberam destinação adequada nos aterros sanitários e o restante (40%) foi despejado em locais inapropriados. Apontando que, mais de 30 milhões de toneladas de RSU acabaram indo para lixões ou aterros controlados, ocasionando uma variedade de impactos ambientais.

A composição média dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, segundo a ABRELPE (2022), é distribuída da seguinte forma: 52% matéria orgânica (restos de alimentos, podas, resíduos agrícolas); 24% recicláveis (papel, plástico, vidro, metais); 24% rejeitos não recicláveis. Entretanto, a CETESB (2021), indica que podem existir variações significativas conforme o porte do município, apontando os municípios menores a tenderem por apresentar maior fração orgânica e menor presença de recicláveis, sendo resultados do menor consumo de produtos industrializados como também à ausência de sistemas estruturados de coleta seletiva. De acordo com dados da ABRELPE (2020), o Brasil gera, anualmente, cerca de 79,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, com destaque para os resíduos domiciliares e os resíduos originados de serviços de limpeza urbana.

O panorama da geração de resíduos no estado da Bahia, assim como outras regiões do Brasil, enfrenta desafios semelhantes no que diz respeito à gestão de resíduos sólidos. Com uma população de mais de 14 milhões de habitantes, a geração de resíduos na Bahia acompanha o crescimento urbano e a intensificação das atividades econômicas, especialmente em áreas turísticas e industriais. Conforme aponta dados do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) em 2020, no estado da Bahia a coleta de RSU na Bahia abrange cerca de 161 cidades (38,61%), entretanto, a destinação final adequada dos resíduos ainda é um desafio, com muitos materiais sendo encaminhados para lixões ou áreas inadequadas.

A análise gravimétrica dos resíduos sólidos é fundamental para a gestão eficiente e planejamento da infraestrutura de disposição final. Essa metodologia consiste na separação e quantificação dos diferentes materiais presentes nos resíduos, permitindo identificar potenciais de reciclagem, compostagem e impactos ambientais associados (SILVA et al.,

2019). Conforme Tchobanoglous et al. (1993), a análise gravimétrica possibilita avaliar a proporção de resíduos orgânicos, recicláveis e rejeitos, sendo essencial para o dimensionamento de aterros sanitários e para a formulação de políticas públicas de redução e reaproveitamento de resíduos. A NBR 10004:2004, estabelece os procedimentos para a caracterização de resíduos sólidos, incluindo a análise gravimétrica. Segundo a norma, a separação dos resíduos deve ser feita de maneira rigorosa, garantindo que os dados obtidos representem com precisão a composição dos resíduos.

De acordo com a NBR 10004:2004, que estabelece os procedimentos para a caracterização de resíduos sólidos, o estudo gravimétrico segue uma metodologia rigorosa. O primeiro passo é a coleta de amostras representativas dos resíduos a serem analisados. Essa amostra deve ser suficiente para garantir que a análise seja representativa da composição dos resíduos. A amostra seja retirada de maneira sistemática, considerando diferentes tipos de resíduos e assegurando que todos os materiais presentes sejam corretamente representados.

**Figura 1** - Massa de resíduos sólidos despejada na lona e início do processo de homogeneização.



**Fonte:** PMRS (2022)

Após a coleta, a separação dos resíduos é feita manualmente ou mecanicamente, onde os resíduos são classificados em categorias principais, como resíduos orgânicos (restos alimentares e resíduos de jardinagem), plásticos (embalagens plásticas e sacolas), papéis (jornais, embalagens de papel e caixas de papelão), vidros (garrafas e frascos) e metais (latas, alumínio e ferro). A separação deve ser realizada com cuidado para evitar a contaminação entre os diferentes tipos de resíduos, assegurando a precisão na análise.

**Figura 2** - Resíduos sólidos separados por tipo de material.



Fonte: PMRS (2022)

Com as frações de resíduos separadas, o próximo passo é a pesagem de cada categoria de material. De acordo com a norma, as frações de resíduos devem ser pesadas individualmente utilizando balanças devidamente calibradas. A pesagem é uma etapa crucial, pois os dados obtidos a partir dela servirão para calcular a composição percentual de cada categoria de resíduo em relação ao total analisado.

Após a pesagem, é realizado o cálculo percentual da composição dos resíduos. Para cada categoria de resíduo, calcula-se a porcentagem relativa em relação ao peso total da amostra. A fórmula para esse cálculo é simples: o peso da fração de resíduo é dividido pelo peso total da amostra e multiplicado por 100. Esse cálculo gera a participação de cada tipo de resíduo em termos percentuais, permitindo uma visão clara da composição dos resíduos gerados.

Os resultados obtidos durante o estudo gravimétrico devem ser registrados e analisados com precisão. A NBR 10004:2004 orienta que todos os dados, incluindo os pesos das frações e os cálculos percentuais, sejam registrados em relatórios detalhados. Esses relatórios servem para documentar o processo e são essenciais para avaliar a eficácia das políticas de gestão de resíduos implementadas. Além disso, esses dados ajudam a identificar quais frações de resíduos são predominantes, o que possibilita o planejamento de ações mais direcionadas, como o fortalecimento da reciclagem de certos materiais ou a compostagem de resíduos orgânicos.

O estudo gravimétrico, conforme estabelecido pela NBR 10004:2004, é essencial para a gestão adequada dos resíduos sólidos, pois permite uma compreensão detalhada da sua composição. Ele oferece suporte para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de redução, reutilização, reciclagem e disposição final dos resíduos. Essa análise é fundamental para a criação de políticas públicas mais eficazes e para a implementação de programas que

visem a diminuição da quantidade de resíduos enviados a aterros sanitários, promovendo uma gestão mais eficiente e ambientalmente responsável.

Portanto, o estudo gravimétrico, quando realizado conforme as diretrizes da NBR 10004:2004, fornece informações valiosas que ajudam na otimização dos processos de gestão de resíduos, possibilitando a adoção de soluções mais eficazes para reduzir o impacto ambiental e promover a sustentabilidade.

### **3.3 Contribuições Normativas Para a Destinação Ambientalmente Adequada de Resíduos.**

De acordo com dados da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA); estima-se que o brasileiro tenha gerado uma média de 1,04 kg de RSU por dia em 2022. Aplicando esse valor à população brasileira divulgada pelo Censo Demográfico 2022, estima-se que aproximadamente 77,1 milhões de toneladas de RSU foram geradas no país em 2022. Isso corresponde a mais de 211 mil toneladas de resíduos gerados por dia, ou cerca de 380 kg/habitante/ano. Aponta, também que 93% dos resíduos gerados no Brasil em 2022 tenham sido devidamente coletados, o que equivale a mais de 196 mil toneladas de RSU coletadas diariamente. Enquanto essa quantidade pode parecer alta, deve-se lembrar que os 7% não coletados equivalem a mais de 5 milhões de toneladas que têm uma destinação final inadequada, oferecendo riscos ao meio ambiente e à saúde pública.

Conforme mencionado na introdução, uma parcela significativa dos resíduos sólidos no Brasil é destinada a lixões. De acordo com dados de 2023, aproximadamente 35,5% dos resíduos sólidos urbanos gerados no país foram encaminhados para lixões, representando cerca de 28,7 milhões de toneladas de resíduos descartados de forma inadequada. Além disso, 31,9% dos municípios brasileiros ainda utilizam lixões como destino para seus resíduos sólidos (Agência Brasil, 2024; IBGE, 2023). Esses dados destacam a persistência de práticas inadequadas de destinação de resíduos no país, apesar das políticas públicas estabelecidas para sua eliminação.

#### **3.3.1 Política Nacional De Resíduos Sólidos**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabeleceu originalmente a meta de eliminar os lixões até 2014. No entanto, em resposta a solicitações de prorrogação por parte de municípios e estados, foi desenvolvido um projeto que estendia esse prazo até 2016. Posteriormente, uma emenda parlamentar modificou o cronograma, estabelecendo novos prazos escalonados: para capitais estaduais e áreas metropolitanas, o prazo foi estendido até 2018; para cidades com população entre 50 mil e 100 mil habitantes, até 2020; e para cidades

com até 50 mil habitantes, até 2021. No entanto, a Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que institui o novo marco regulatório do saneamento básico, redefiniu o prazo para a eliminação dos lixões, estabelecendo a meta final de 2024 (Agência Brasil, 2021).

Na cidade de Ribeirão do Largo, não seria diferente, tornando-se uma situação análoga: a totalidade dos resíduos é encaminhada para uma área remota, o que resulta em superlotamento, dado que todos os resíduos são direcionados para um único local.

A Lei Nacional nº 12.305/2010 prevê que os titulares dos serviços de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana adotem medidas adequadas de destinação para os resíduos e de disposição final de rejeitos.

Segundo o artigo 3º, inciso VII, da legislação, a destinação final ambientalmente adequada engloba diversas práticas, como reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético, além de outras formas de destinação autorizadas pelos órgãos competentes, incluindo a disposição final. Esta última, por sua vez, refere-se à disposição ordenada de resíduos em aterros, de modo a prevenir danos ou riscos à saúde pública e à segurança.

A Lei Nacional nº 12.305/2010 apresenta distinção entre destinação e disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos. Segundo a normativa, a disposição final corresponde à distribuição dos rejeitos em aterros sanitários. Ou seja, a disposição no aterro sanitário somente se dará quando não houver mais possibilidade de reutilização, reciclagem ou tratamento daquele resíduo que, nesta circunstância, torna-se rejeito.

A Lei Federal nº 14.026/2020 trouxe modificações à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Uma das alterações significativas foi a inclusão da periodicidade de revisão do plano, que agora deve ocorrer a cada 10 anos, em consonância com os planos municipais e regionais de saneamento básico. Um ponto crucial dessa legislação diz respeito aos prazos estabelecidos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, conforme descrito no artigo 54.

De acordo com a lei, essa disposição deveria ser implementada até 31 de dezembro de 2020, a menos que os municípios já tenham elaborado um plano intermunicipal de resíduos sólidos ou um plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos até essa data e possuam mecanismos de cobrança que garantam a sustentabilidade econômico-financeira. Os prazos estabelecidos são os seguintes: I - até 2 de agosto de 2021, para capitais de Estados e Municípios integrantes de Região Metropolitana (RM) ou de Região Integrada de Desenvolvimento (Ride) de capitais; II - até 2 de agosto de 2022, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para Municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte)

quilômetros da fronteira com países limítrofes; III - até 2 de agosto de 2023, para Municípios com população entre 50.000 (cinquenta mil) e 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010; e IV - até 2 de agosto de 2024, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010 (BRASIL, 2010).

Conforme o artigo 10, a gestão de resíduos sólidos deve observar, entre seus princípios, a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A PNRS destaca que essa disposição final deve ocorrer preferencialmente por meio de aterros sanitários ou outras soluções técnicas que sejam viáveis e seguras, minimizando os impactos ambientais. A norma reforça a ideia de que a disposição final não deve ser a primeira opção, mas sim uma solução adotada após esgotadas as alternativas de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos (BRASIL, 2010). Essa priorização dos aterros sanitários, como forma ambientalmente controlada de disposição, reflete o esforço do Brasil em organizar e modernizar a gestão de resíduos sólidos, com a implementação de políticas públicas adequadas e alinhadas aos princípios da sustentabilidade (BRASIL, 2010).

### 3.3.2 Política Estadual de Resíduos Sólidos

A Lei Estadual nº 12.932, de 7 de janeiro de 2014, surge como um marco na gestão de resíduos sólidos na Bahia ao instituir a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), delineando seus princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos. Além disso, estabelece normas essenciais para a gestão e o gerenciamento integrados desses resíduos em cooperação entre os diversos atores envolvidos. Segundo o artigo 2º, a PERS se integra à Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade (Lei Estadual nº 10.431/2006) e à Política Estadual de Saneamento Básico (Lei Estadual nº 11.172/2008), promovendo assim uma abordagem holística e interdisciplinar para o manejo adequado dos resíduos.

Esse marco legal define princípios, objetivos e diretrizes que orientam a forma como lidamos com o lixo, visando sempre à proteção do meio ambiente e à saúde da população. Uma das características marcantes dessa lei é a sua conexão com outras políticas estaduais, como as de meio ambiente, educação, saúde e desenvolvimento econômico. Isso demonstra a preocupação em abordar o problema dos resíduos sólidos de forma integrada, reconhecendo que ele afeta diversas áreas de nossas vidas.

Os princípios e diretrizes da PERS estão alinhados com a legislação nacional sobre o assunto, o que garante uma abordagem consistente em todo o país. Deve-se destacar a importância dada à logística reversa, que incentiva a responsabilidade compartilhada na gestão dos resíduos, e a preocupação com a sustentabilidade econômica dos serviços públicos relacionados à limpeza urbana.

Os objetivos da lei são bastante claros e objetivos: reduzir a geração de resíduos, promover a reciclagem e o tratamento adequado dos materiais descartados, e assegurar que a disposição final dos rejeitos seja feita de forma ambientalmente correta. São metas que refletem um compromisso real com a preservação do nosso meio ambiente.

A Bahia, assim como o Brasil, tem como meta a eliminação dos lixões e a substituição por alternativas mais sustentáveis e ambientalmente adequadas, como os aterros sanitários. Para isso, a lei estadual prevê a criação de sistemas de gestão integrada de resíduos sólidos, com a promoção de aterros sanitários e outras formas de destinação adequada dos resíduos.

Além disso, a PERS traz uma inovação importante ao incluir os resíduos cemitérios em sua classificação. Isso mostra uma sensibilidade para com questões que muitas vezes passam despercebidas, mas que também têm impacto significativo na nossa qualidade de vida.

Contudo, a Lei Estadual nº 12.932/2014 é um passo importante na direção de uma gestão mais sustentável dos resíduos sólidos na Bahia. Ela representa um compromisso do nosso estado com o cuidado com o meio ambiente e com o bem-estar da nossa população.

### 3.3.3 Política Municipal de Meio Ambiente e Proteção à Biodiversidade

A Política Municipal de Meio Ambiente e Proteção à Biodiversidade (PMMAPB) foi instituída em Ribeirão do Largo pela Lei Nº 304 de 23 de abril de 2018. Esse instrumento normativo “visa assegurar o desenvolvimento sustentável e a manutenção do meio ambiente propício à vida, em todas as formas” (Ribeirão do Largo, 2018) de maneira descentralizada, integrada e participativa. A PMSB e PMGIRS deve ser executada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e, dentre seus objetivos, destaca-se o de otimizar o uso de energia, matérias-primas e insumos, buscando a economia de recursos naturais e a redução da geração de resíduos líquidos, sólidos e gasosos (RIBEIRÃO DO LARGO, 2018).

Dentre as diretrizes gerais para a implementação da Política, apresentadas no Artigo 4º da Lei Nº 304/18, ressalta-se a importância do uso consciente dos recursos ambientais, a minimização de impactos ambientais e o manejo adequado de resíduos sólidos, conforme descrito nos incisos II, III e V:

II - O incentivo à reciclagem e reuso dos recursos naturais, ao desenvolvimento de pesquisas, à utilização de tecnologias mais limpas, à busca da eco eficiência e às ações orientadas para o uso sustentável dos recursos ambientais; III - a orientação do processo de ordenamento territorial, respeitando as formas tradicionais de organização social, suas técnicas de manejo ambiental, bem como as áreas de vulnerabilidade ambiental e a necessidade de racionalização do uso dos recursos naturais; V - O estabelecimento de mecanismos de prevenção de danos ambientais e de responsabilidade socioambiental pelos empreendedores, públicos ou privados, e o fortalecimento do autocontrole nos empreendimentos e atividades com potencial de impacto ambiental (RIBEIRÃO DO LARGO, 2018).

No município, com relação ao manejo de resíduos sólidos, a Política Municipal de Meio Ambiente e Proteção à Biodiversidade traz diretrizes específicas. Uma das diretrizes descritas no artigo 25 se refere à priorização da não geração, minimização, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos, além da mudança dos padrões de produção e consumo, e valorização das iniciativas de reaproveitamento desses resíduos (RIBEIRÃO DO LARGO, 2018).

Em concordância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a PMMAPB responsabiliza as fontes geradoras de resíduos especiais pelos resíduos sólidos gerados. Nesse sentido, quando exigido, as fontes geradoras devem elaborar seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos abrangendo todas as etapas, desde a minimização da geração, passando pelo processo de reutilização e reciclagem, até a destinação final.

Além disso, a responsabilidade sobre os danos gerados ao meio ambiente decorrentes do mau acondicionamento, estocagem, transporte, tratamento e disposição final de resíduos é dos empreendimentos e atividades causadores. Vale salientar que a responsabilidade do gerador não exime a do transportador, nem a do receptor em casos de incidentes no transporte ou instalações. (RIBEIRÃO DO LARGO, 2018).

### **3.4 Aterro Sanitário**

#### **3.4.1 Definição**

A Norma ABNT NBR 8419, define aterro sanitário como método de disposição final de resíduos sólidos urbanos, sobre terreno natural, através de seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública (ABNT, 1992).

A Norma ABNT NBR 15849 – Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento define;

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, 2010).

Esta abordagem tem como objetivo primordial a prevenção de danos à saúde pública, a garantia da segurança e a proteção do meio ambiente, ao reduzir o impacto no solo e mitigar a propagação de doenças. Durante o processo, o resíduo é sujeito a compactação e cobertura, o que favorece a prolongação da vida útil do aterro.

Os aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos são obras de engenharia, construídas dentro de critérios e normas operacionais específicas, evitando danos ou riscos à saúde pública e que exigem cuidados visando à minimização dos impactos ambientais (ABNT, 1992).

Apesar dos muitos benefícios proporcionados pelo aterro sanitário, também existem suas desvantagens. Conforme destacado por Barros *et al.* (1991), estas incluem a necessidade de grandes áreas, que ocupam muitas vezes áreas próximas aos centros urbanos, o custo elevado de transporte, especialmente dependendo da localização do aterro, a produção de lixiviados que demandam tratamento e disposição adequados, a necessidade de drenagem de gases, a impossibilidade de aproveitamento imediato do material aterrado, a desvalorização das áreas adjacentes e os danos às vias de tráfego devido à circulação intensa de veículos pesados.

Segundo Albano (2022), devido à baixa quantidade de resíduos sólidos produzidos em pequenas cidades, optar por aterros sanitários como método de disposição final geralmente requer um investimento inicial significativo. Dadas as restrições orçamentárias, a utilização de tecnologias simplificadas se mostra uma alternativa mais viável. Essas tecnologias tendem a ter custos mais competitivos em comparação com a instalação e operação de aterros sanitários.

Como alternativa para atender às demandas de municípios de pequeno porte, diversas tecnologias foram propostas, destacando-se pela sua simplicidade tanto na instalação quanto na operação de aterros de disposição (ALBANO, 2022). Além disso, algumas dessas tecnologias visam tratar a fração orgânica dos resíduos aterrados por meio de processos anaeróbios, sem causar danos ao meio ambiente ou à saúde pública. Essas propostas foram apresentadas por organizações como CESTEB (1997), CONDER (2002), PROSAB (2003) e CEPIS/OPS (2002). Também foi apresentada por Paiva (2004).

A implementação de um aterro sanitário de pequeno porte pelo método de valas não apenas se alinha com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) como também responde às demandas específicas das legislações estaduais da Bahia, notadamente a Lei Estadual nº 12.932/2013, e às normativas técnicas delineadas pela NBR 8419. Essa abordagem não se restringe a uma resposta técnica, mas configura-se como um compromisso com práticas sustentáveis que consideram a realidade local.

A norma técnica NBR 8419, da ABNT (1982), surge como elemento complementar, fornecendo especificações detalhadas para o projeto e operação de aterros, notadamente, aqueles destinados a resíduos não perigosos. A compreensão aprofundada dessas normativas é

imperativa para garantir a conformidade técnica e normativa, assegurando a eficácia operacional e a minimização dos impactos ambientais.

A Norma da ABNT 15849 trata de Aterros sanitários de pequeno porte, embora recente e ainda não amplamente difundida, tem se mostrado uma norma fundamental para a gestão de resíduos sólidos no Brasil. Ao definir de maneira clara e objetiva conceitos essenciais, a norma contribui diretamente para a melhoria na implementação de políticas e práticas mais eficientes no manejo de resíduos, a norma define;

Aterro sanitário de Pequeno Porte – ASPP como uma disposição no solo de resíduos sólidos urbanos, que permite até 20 t por dia ou menos, tendo definido por legislação local, em que, considerados os critérios necessários para condicionantes físicos locais, a concepção do sistema possa ser simplificada, adequando os sistemas de proteção ambiental sem prejuízo da minimização dos impactos ao meio ambiente e à saúde pública (ABNT, 2010, p.8).

A norma ainda define que;

Os aterros sanitários de pequeno porte em valas são instalações para disposição no solo de resíduos sólidos urbanos, em escavação com profundidade limitada e largura variável, confinada em todos os lados, oportunizando operação não mecanizada (ABNT, 2010, p. 8).

Segundo Carmo (2012), este método de aterramento demanda a escavação de valas extensas e é apropriado para situações específicas, tais como: em casos de necessidade de remover um grande volume de solo; quando não se pretende alterar a configuração atual da superfície do terreno e para a construção de múltiplas camadas de resíduos sobre as valas já preparadas. Se for preciso incorporar resíduos especiais no aterro, devido às suas características físicas, composição química ou biológica, ou por representarem perigos para a saúde e o meio ambiente.

No tópico 6.2 da norma, traz que os critérios de projeto e operação é definido que os projetos de aterros sanitários de pequeno porte devem contemplar, preferencialmente, a técnica de operação em valas. Nos casos em que regionalmente as condições de relevo ou profundidade do freático forem limitantes, inviabilizando este tipo de operação, outras concepções de operação, em trincheiras, em encosta ou em área, podem ser adotadas a critério do projetista ou do órgão ambiental competente, desde que adotados os critérios de proteção ambiental indicados nos itens subsequentes (ABNT, 2010, p.9).

No tópico 6.2.1 a norma determina que quando for adotado aterro sanitário de pequeno porte em valas, deve ser observado o seguinte:

- a) separação entre as bordas superiores das valas de no mínimo 1,0 m, deixando espaço suficiente para operação;
- b) a profundidade de escavação das valas deve estar limitada ao máximo de 3,0 m, observadas as condições de estabilidade dos taludes e o nível do freático;

- c) largura da vala, que pode ser variável, em decorrência do equipamento de escavação, atentando-se para que não seja excessiva a ponto de dificultar a cobertura operacional dos resíduos; recomenda-se que a largura da vala na superfície não supere 5 m;
- d) a escavação de cada vala deve ser executada de uma só vez e o dimensionamento feito de modo a permitir a disposição dos resíduos por um período aproximado de 30 dias. Para uma vida útil maior, recomenda-se que no fundo da vala sejam mantidos septos de solo natural que definam subáreas hidraulicamente separadas, com vida útil aproximada de 30 dias;
- e) sistema de drenagem superficial para desviar o fluxo das águas pluviais, que pode ser implementado por meio de drenos escavados no solo; no caso de solos erodíveis, tais drenos devem ser revestidos;
- f) no caso de adoção de sistema de drenagem de lixiviado, as declividades longitudinal e transversal devem ser de 2 % no mínimo;
- g) a eventual drenagem do fundo das valas deve ser realizada com materiais que garantam a drenagem, de maneira a se evitar a colmatção do dreno ao longo do tempo;
- h) cobertura diária com camadas de solo ou outro material apropriado, reutilizável ou não;
- i) a declividade da conformação final da vala deve ser de no mínimo 7 % na menor dimensão, sendo a cobertura para o fechamento final constituída de camada mínima e contínua de 1,0 m de solo compactado para evitar a acumulação de água após recalques. Posteriormente a vala deve ser coberta com solo orgânico e cobertura vegetal.

De acordo com a Quadro 1 – Instruções para a drenagem dos gases da NBR 15849 da ABNT (2010), a necessidade de implantação do sistema de drenagem de gases depende da fração orgânica presente nos resíduos e da altura final do aterro. De acordo com o quadro 1, se a fração orgânica dos resíduos for superior a 30% e a altura final do aterro for  $\leq 3$  metros (2,5 metros), a drenagem de gases pode ser dispensada.

O sistema de drenagem de gases deve ser dimensionado e implantado conforme as orientações presentes no Quadro 01, sendo especialmente relevante em situações nas quais se destacam os seguintes fatores:

- a) A quantidade significativa de fração orgânica nos resíduos que serão dispostos, uma vez que essa fração contribui para a geração de gases, como o metano, durante o processo de decomposição dos materiais no aterro;
- b) A altura final do aterro sanitário, especialmente em aterros de pequeno porte, pois a altura do aterro pode influenciar na pressão exercida sobre os resíduos, afetando a produção e a migração de gases no interior do sistema.

**Quadro 1** – Instruções para drenagem dos gases

Características da operação		Altura final do aterro m	
		≤ 3	> 3
Fração orgânica dos resíduos %	≤ 30	Dispensar <sup>a</sup>	Dispensar <sup>a</sup>
	> 30	Dispensar <sup>a</sup>	Considerar <sup>a</sup>

a Os termos "dispensar" e "considerar" são de caráter orientativo, cabendo ao projetista decidir e justificar a adoção ou não deste elemento de proteção ambiental.

Fonte: ABNT (2010, p. 5)

De acordo com a legislação nacional (NBR 15.849/2010), é destacado o uso de aterros sanitários de valas manuais para municípios de pequeno porte, nos quais a mão de obra é mais acessível e predominantemente manual. Para CETESB (1997), as principais vantagens do aterro sanitário são: custo de investimento muito menor que o requerido por outras formas de tratamento de resíduos; custo de operação muito menor que o requerido pelas instalações de tratamento de resíduos; método completo pois não apresenta rejeitos ou refugos a serem tratados em outras instalações; simplicidade operacional e flexibilidade operacional, sendo capaz de operar bem mesmo ocorrendo flutuações nas quantidades de resíduos a serem aterradas.

A disposição de resíduos sólidos nos aterros sanitários permanece como um componente importante na estratégia de manejo integrado dos resíduos sólidos. Estados brasileiros apontam que a adoção desse método, podem ser de grande impacto para as cidades com populações menores, de acordo com dados apontados pela ABRELPE (2022) no Paraná, pequenas cidades implementaram compostagem da fração orgânica antes do envio dos rejeitos ao aterro, reduzindo em 40% o volume de resíduos aterrado.

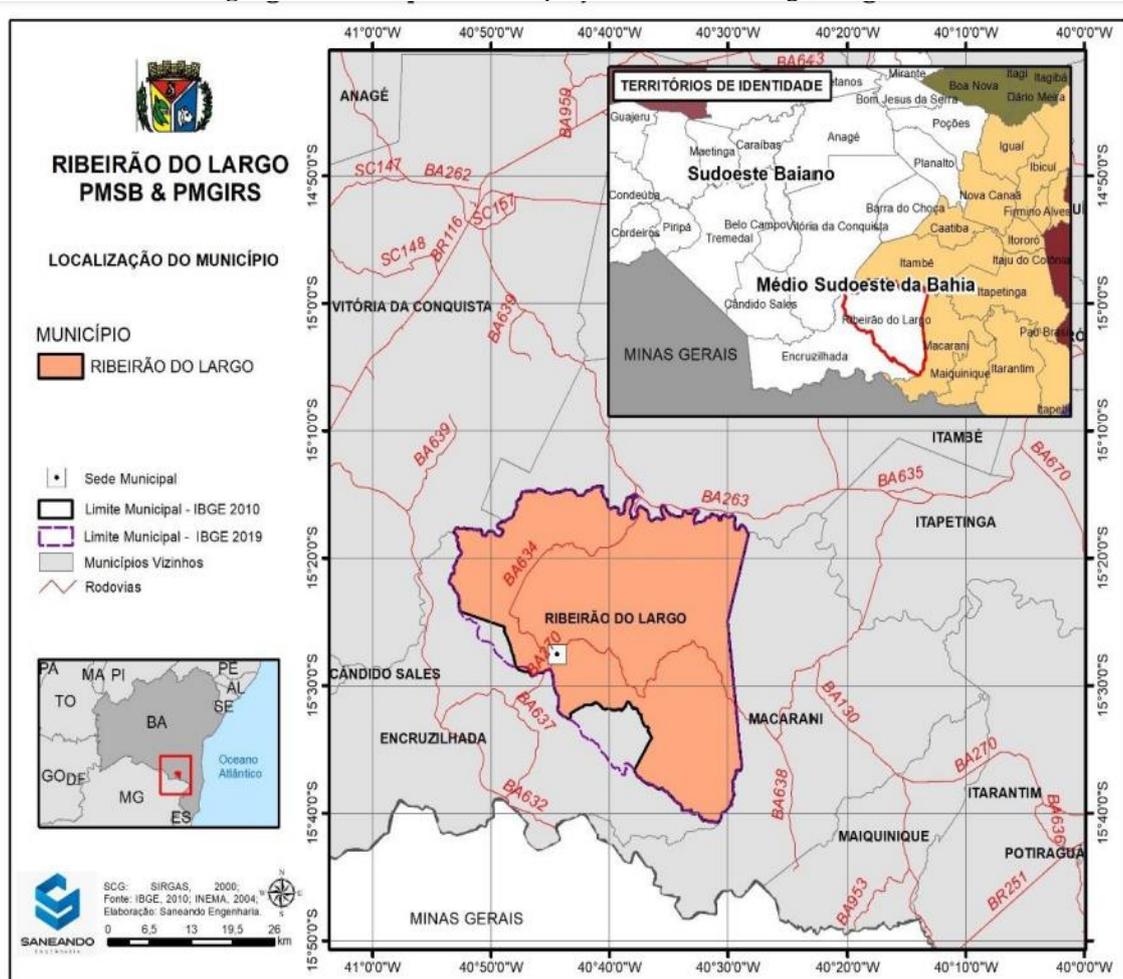
## 4 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo caracterizou-se como pesquisa aplicada, buscando por meio dela, gerar conhecimento para aplicação prática na gestão de resíduos sólidos em Ribeirão do Largo. A pesquisa aplicada objetiva a geração de conhecimentos voltados para a solução de problemas específicos, tendo como resultado a aplicabilidade dos resultados (GIL, 2008). Os dados foram analisados conforme as normas técnicas, legislações ambientais e metodologias específicas para a gestão de resíduos sólidos urbanos.

### 4.1 Área de Estudo

A Figura 3 apresenta a localização do município de Ribeirão do Largo. De acordo o último censo do IBGE, em 2022 o município possuía em torno o total de 9.740 habitantes, sua densidade demográfica é de 4,6 habitantes por km<sup>2</sup> e está situado a 742 metros de altitude. O município se encontra na mesorregião do Centro Sul Baiano e na Microrregião de Itapetinga, de acordo com a regionalização elaborada pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), atualizada em 2018. Situa-se no território de identidade do Sudoeste Baiano, na porção sudoeste da Bahia.

**Figura 3** - Território do Município de Ribeirão do Largo, Bahia.



**Fonte:** PMRS (2022)

O município de Ribeirão do Largo localiza-se em uma área que, segundo a classificação de Köppen (PEEL et al, 2007), caracteriza-se como sendo do tipo tropical com estação seca no Inverno (Aw). Sua vegetação é predominantemente composta por Mata Atlântica e Cerrado, ecossistemas de grande biodiversidade que requerem atenção especial quanto ao impacto ambiental de qualquer atividade de manejo de resíduos. O relevo do município é marcado por terrenos levemente ondulados, o que influencia diretamente na drenagem superficial e na escolha de locais adequados para a disposição de resíduos sólidos urbanos. A hidrologia do município de Ribeirão do Largo é caracterizada predominantemente pela presença de aquíferos do tipo fissural. Esse tipo de aquífero ocorre em rochas cristalinas, onde a água subterrânea é armazenada e circula principalmente por meio das fraturas e fissuras interconectadas presentes nessas formações geológicas. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2016), esses aquíferos apresentam, em geral, uma produtividade que varia de moderada a fraca, o que pode representar uma limitação para o abastecimento em larga escala ou para atividades que demandem grandes volumes de água.

No contexto mais local do município de Ribeirão do Largo as unidades geológicas apresentam bastante diversidade, se distribuindo de forma diferenciada ao longo do município. Predominam unidades metamórficas, com algumas áreas menores de litologias sedimentares. Estão presentes nas serras, alvéolos e depressões intramontanas situadas nos planaltos pré litorâneos também nas serras marginais no planalto sul-baiano, na porção norte do município, encontram-se as seguintes unidades geológicas (CPRM, 2003).

De acordo com estudos feitos pelo Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) e o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), devido ao relevo altamente dissecado que passa por processos erosivos e movimentos de massa, e a menor precipitação em relação aos municípios costeiros, o manto de intemperismo não é tão aprofundado, ocorrendo solos com maior presença de bases, moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos, onde prevalecem argissolos e latossolos.

O município de Ribeirão do Largo encontra-se na Bacia Hidrográfica (BH) do Rio Pardo. A BH do Rio Pardo é administrada pelo governo do estado da Bahia por conta de estar completamente contida no território do estado. Essa bacia hidrográfica (BH) é o objeto de estudo da Região de Planejamento e Gestão das Águas – Rio Pardo - RPGA VI.

A economia local é baseada principalmente na agricultura e na pecuária, o que impacta a geração e a composição dos resíduos sólidos na região.

#### **4.2 Levantamento de Dados**

O levantamento de dados foi dividido em duas categorias principais: dados primários e dados secundários.

Os dados secundários foram coletados por meio de consultas de uma série de documentos oficiais para entender as diretrizes e políticas municipais e nacionais relacionadas à gestão de resíduos sólidos da cidade de Ribeirão do Largo, como mostra a tabela 1.

**Tabela 1** – Documentos Secundários Consultados.

Documentos	Objetivo
Plano Municipal de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	Oferece uma visão abrangente das políticas municipais.
Política Municipal de Meio Ambiente e Proteção à Biodiversidade	Detalha os compromissos ambientais do município.
Plano Plurianual (PPA) 2018-2021	Apresenta projetos e orçamentos planejados para a gestão de resíduos.
Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei nº 12.305/2010	Estabelece diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos no Brasil.
Marco Legal do Saneamento Básico	Conjunto de normas que atualizam e aprimoram a legislação sobre saneamento no Brasil,
ABNT NBR 15849 de 06/2010 - Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento	Compreendendo informações quantitativas e qualitativas sobre a geração de resíduos domiciliares, sua composição gravimétrica e destinação final.

**Fonte:** Próprio Autoria.

Esses dados foram essenciais para a fundamentação do estudo, pois fornecem um panorama detalhado da realidade local.

Já os dados primários correspondem às medições e cálculos realizados para a adaptação e validação dos dados secundários, por meio de projeções populacionais e o dimensionamento do aterro.

Inicialmente, foram realizadas visitas técnicas aos locais destinados à disposição de resíduos no município de Ribeirão do Largo, bem como nos distritos de Nova Brasília e Campinarana. Essas visitas tiveram como objetivo avaliar as condições atuais de manejo e disposição dos resíduos. Em seguida, procedeu-se à análise detalhada de documentos oficiais pertinentes (Tabela 1). A análise desses documentos permitiu uma compreensão abrangente das diretrizes e regulamentos que orientam a gestão de resíduos e a proteção ambiental no contexto estudado.

Para a análise dos dados, foram adotados os critérios de comparação com as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pelas legislações

federais pertinentes. Os critérios utilizados para a análise dos dados foram baseados na norma 15849 da ABNT (2010), que estabelece diretrizes para a localização, projeto, implantação, operação e encerramento de aterros sanitários de pequeno porte.

Tomando por base a necessidade de minimizar os impactos ambientais e de saúde pública causados pelos atuais vazadouros a céu aberto. Foram analisadas as características geográficas e ambientais dos locais destinados à disposição de resíduos, considerando variáveis como a distância de corpos d'água, a permeabilidade do solo, a direção predominante dos ventos e a acessibilidade ao local.

### **4.3 Análise do Estudo Gravimétrico**

A metodologia utilizada na caracterização física dos resíduos sólidos de Ribeirão do Largo foi a mesma empregada pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDUR), disponível no guia de orientações que tem como título “Especificações e orientações para pesquisa de campo para caracterização física e composição gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares”, publicado como anexo da Concorrência Pública no 02/2018. Também foram consultados os Diagnósticos da Situação dos Sistemas Existentes e Aspectos Socioeconômicos, elaborados pela Sedur, através da Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (Conder), por meio do Contrato no 163/2013 firmado com a empresa UFC Engenharia Ltda.

#### **4.3.1 Critérios de Coleta**

Os critérios utilizados para a análise do estudo gravimétrico e dimensionamento do aterro, incluíram a proximidade dos vazadouros a áreas residenciais, a presença de cursos d'água próximos, e a adequação dos locais em termos de solo e subsolo e se basearam na norma ABNT NBR 15849:2010, que trata de aterros sanitários de pequeno porte. A classificação dos resíduos em biodegradáveis, recicláveis e rejeitos também segue as diretrizes da norma, que recomenda a caracterização gravimétrica como etapa essencial para o planejamento e operação adequada do aterro.

### **4.4 Estudo Populacional**

Para a previsão da geração futura de resíduos e o correto dimensionamento do aterro, foi necessário realizar projeções populacionais que são adotadas para estimar o crescimento demográfico e planejar adequadamente a gestão de resíduos sólidos, tendo em vista que a população pode sofrer variações no horizonte projeto. Foram utilizadas as metodologias de projeção aritméticas e geométricas para determinar a que mais se adequa ao município.

#### **Projeção Aritmética**

A projeção aritmética baseia-se na suposição de que a população cresce de maneira linear ao longo do tempo, adicionando um número fixo de habitantes a cada período. É mais adequada para locais com crescimento populacional estável. Se obtém a população final a partir da seguinte equação:

$$P_t = P_0 + K_a (t - t_0) \text{ Equação (1)}$$

No qual,

$P_t$ : População total;

$P_0$ : valor inicial da variável (população) no tempo  $t_0$ ;

$t$ : tempo final e corresponde a vida útil considerado no dimensionamento, equivalente a 20 anos, com isso a projeção para o ano de 2044 e,

$t_0$ : tempo inicial.

O  $K_a$ , que representa a taxa de variação, por sua vez, é obtido por meio da seguinte relação.

$$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$$

No qual:

$P_2$ : População final;

$T_2$ : tempo final.

### **Projeção Geométrica**

Considera um crescimento exponencial, no qual a população aumenta proporcionalmente ao seu tamanho atual. Esse método é indicado para municípios com crescimento acelerado. A equação utilizada é:

$$P_t = P_0 \times e^{kg(t-t_0)} \text{ Equação (2)}$$

No qual:

$P_t$ : População total;

$P_0$ : valor inicial da variável no tempo  $t_0$ ;

$K_a$ : taxa de variação;

e: base do logaritmo natural, aproximadamente 2,71828. A constante e é fundamental em várias áreas da matemática, especialmente em crescimento exponencial e em cálculos relacionados a taxas contínuas.

t: tempo final e corresponde a vida útil considerado no dimensionamento, equivalente a 20 anos, com isso a projeção para o ano de 2044 e,

$t_0$ : tempo inicial.

O  $K_g$ , que representa a taxa de variação, por sua vez, é obtido por meio da seguinte relação.

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0}$$

No qual:

$\ln P_2$ : logaritmo natural da população final;

$\ln P_0$ : logaritmo natural da população inicial;

$t_2$ : tempo final;

$t_0$ : tempo inicial.

Cabe destacar que, para fins de estimativa populacional no presente estudo, foram desconsideradas as taxas de mortalidade. Optou-se por utilizar apenas a taxa de natalidade como parâmetro para projeção do crescimento populacional, com o intuito de simplificar os cálculos e focar na tendência de aumento da geração de resíduos sólidos urbanos.

A NBR 8419, define que o tempo de operação do aterro deve ser estimado com base no volume de resíduos sólidos que se espera destinar ao aterro ao longo dos anos. Este tempo pode variar de 10 a 20 anos ou até mais, dependendo da capacidade do aterro e da taxa de geração de resíduos. A norma sugere que o projeto de um aterro sanitário seja planejado para um horizonte de operação mínimo de 10 anos, mas ele pode ser ajustado conforme a demanda de resíduos e o crescimento da população que irá gerar os resíduos.

A projeção populacional para Ribeirão do Largo foi realizada com base nos dados dos Censos Demográficos do IBGE de 2000, 2010 e 2022. Utilizando os dados populacionais dos censos do IBGE e as demandas do município, foi feita uma projeção populacional para o ano de 2044. Realizou a projeção para o horizonte de 20 anos.

#### **4.5 Dimensionamento do Aterro Sanitário**

O dimensionamento do aterro sanitário foi realizado com base no Manual de Operação de Aterro Sanitário em Valas da CETESB (1997) (Equações 03-12), que estabelece diretrizes técnicas para o correto planejamento e implementação de aterros sanitários de pequeno porte.

O manual fornece orientações detalhadas sobre o cálculo da capacidade do aterro, a disposição dos resíduos e os sistemas de drenagem, garantindo que o projeto seja ambientalmente seguro e tecnicamente viável.

Para a definição da área necessária e das estruturas de suporte, foram levadas em consideração variáveis como a taxa de geração per capita de resíduos, a densidade média dos resíduos sólidos urbanos e o período de operação do aterro. Além disso, foram incorporadas diretrizes das normas ABNT NBR 15849:2010 que regulamentam o projeto e a operação de aterros sanitários.

Os cálculos a seguir detalham a estimativa do volume diário de resíduos, o volume total para o horizonte de projeto, a área total necessária para a disposição dos resíduos e os sistemas de drenagem e controle ambiental. O objetivo é garantir que o aterro atenda às exigências técnicas e minimize impactos ambientais, promovendo uma gestão eficiente dos resíduos sólidos urbanos.

#### 4.5.1 Volume De Resíduos Diários De Ocupação (VL) (M<sup>3</sup>/Dia)

O Volume de Resíduos Diários de Ocupação (VL) corresponde à quantidade de resíduos sólidos urbanos, em metros cúbicos (m<sup>3</sup>), que são depositadas no aterro sanitário a cada dia de operação.

$$VL = (1 + F) * \left(\frac{P * G}{p}\right) \left(\frac{\text{hab} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{hab}} / \text{dia}}{\text{kg} / \text{m}^3}\right) \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

F: Fator de controle (0,25), é um parâmetro essencial para o cálculo do Volume de Resíduos Diários de Ocupação (VL), pois determina a eficiência do processo de compactação dos resíduos no aterro sanitário. Esse fator reflete a redução de volume que ocorre quando os resíduos são compactados. Adotando 0,25 indica que a cada metro cúbico de resíduos recebido no aterro, apenas 25% do volume original será ocupado após a compactação. Ou seja, a compactação dos resíduos resulta em uma redução de 75% no volume original dos resíduos.

P: N° de habitantes;

p: Massa específica, corresponde a densidade dos resíduos sólidos, expressa em kg/m<sup>3</sup>, obtida por meio de estudo gravimétrico que avalia a composição dos resíduos e sua compactação, sendo de 164 kg/ m<sup>3</sup>,

G: Geração per capita, representa a quantidade média de resíduos sólidos gerados por cada habitante diariamente, expressa em quilogramas por habitante por dia (kg/hab/dia), sendo a

geração per capita de resíduos sólidos domiciliares iguais a 0,7 kg/hab.dia. Esse valor varia de acordo com as características socioeconômicas e hábitos da população.

As variáveis “p” e “G” são obtidas por meio do estudo gravimétrico dos resíduos.

#### 4.5.2 Volume Anual (VRA)

O volume anual de resíduos é obtido pela multiplicação do volume diário pelo número de dias do ano.

$$VRA = 365 * VL \quad \text{Equação (4)}$$

Sendo:

VRA: Volume Anual;

365: Correspondente a 365 dias do ano;

VL: Volume de Resíduos Diários de Ocupação.

#### 4.5.2 Padrão De Valas Para 1 (Um) Mês (Vt)

O padrão de valas determina o volume mensal necessário para a disposição dos resíduos. É dado por meio da divisão entre o volume anual sobre a quantidade total dos meses em 1 ano.

$$VT = VRA/12 \quad \text{Equação (5)}$$

No qual:

VT: Padrão de valas para 1 mês;

VRA: Volume Anual;

12: Corresponde a quantidade de meses em 1 ano.

#### 4.5.3 Volume Total No Horizonte De Projeto (Vh) (M3)

O volume total no horizonte de projeto é obtido a partir do tempo (T) previsto para a operação do aterro sanitário.

$$VH = VRA * T \quad \text{Equação (6)}$$

No qual:

VH: Volume Total No Horizonte De Projeto;

T: Tempo de vida útil do aterro (anos).

#### 4.5.4 Número De Valas (N)

Define a quantidade de valas necessárias ao longo do horizonte de projeto, é dado pela divisão entre o volume total no horizonte e projeto pelo padrão de valas para 1 mês.

$$N = VH/VT \quad \text{Equação (7)}$$

Sendo:

N: Números de Valas;

VH: Volume Total No Horizonte De Projeto;

VT: Padrão De Valas Para 1 (Um) Mês.

#### 4.5.5 Área Superficial Da Vala (A) (M2)

O cálculo da área superficial da vala corresponde ao cálculo da área de cada vala com base no volume mensal.

$$A = VT/H \quad \text{Equação (8)}$$

No qual:

A: Área superficial da Vala;

VT: Padrão De Valas Para 1 (Um) Mês;

H: Altura da Vala;

#### 4.5.6 Área Total Ocupada Por Valas (At).

Corresponde a área total necessária para as valas em hectares.

$$AT = \frac{A \cdot N}{10000} \quad (\text{em ha}) \quad \text{Equação (9)}$$

#### 4.5.7 Comprimento Da Vala

O comprimento das valas é decorrente do volume da vala. Elas devem ter uma vida útil de 30 dias, ou seja, que corresponde a uma vala por mês.

$$L = \frac{A}{B} \quad \text{Equação (10)}$$

No qual:

B: Largura da Vala.

#### 4.5.8 Área Total Necessária

Define a área total do aterro considerando espaços auxiliares.

$$AN = f \cdot AT \quad \text{Equação (11)}$$

No qual:

NA: Área Total;

F: Fator de ajuste, considerando espaços de circulação e infraestrutura, sendo adotado pela divisão entre a área total do aterro pela área superficial da vala. O valor calculado corresponde

a 1,38 indicando que a área total necessária para o aterro inclui um acréscimo de 38% em relação à área ocupada pelas valas.

AT: Área Total Ocupada Por Valas.

#### 4.5.9 Margem

A margem de segurança é obtida considerando a relação entre a área superficial e a área total.

$$f = \frac{As}{A} \quad \text{Equação (12)}$$

No qual:

As: Área Total;

A: Área Superficial da Vala;

Para a delimitação das áreas restritas para a construção do aterro sanitário, foram levantados os aspectos legais para eliminação das áreas restritas, são elas: as áreas de preservação permanente; as áreas do entorno de núcleos populacionais; as áreas de segurança aeroportuária (ASAs); as áreas do entorno das rodovias principais e as áreas com declividade superior a 30%.

As áreas de proteção permanente relacionadas aos cursos d'água naturais foram extraídas a partir da base cartográfica de hidrografia do Inema (2012); os núcleos populacionais foram delimitados a partir das imagens do Google Earth; para as áreas do entorno das rodovias principais foi utilizada a base cartográfica do IBGE (2010); o mapa classificado de declividade foi obtido através dos modelos digitais de elevação (MDEs) do projeto Topodata (2008) e, como não existe estrutura aeroportuária no município, não existem áreas restringidas nesse aspecto.

Para as camadas de solo e geologia foram analisadas as características de porosidade e permeabilidade à infiltração, a disponibilidade local de material de empréstimo para o recobrimento das células, a espessura do solo, a localização e produtividade do aquífero e o grau de estruturação do material litológico de origem, conforme proposto em Lourenço et al. (2015). Os dados pedagógicos foram extraídos da base cartográfica do IBGE (2018).

Os dados litológicos e estruturais, relacionados à componente geológica, foram extraídos da base da CPRM (2003); já os dados de produtividade dos aquíferos foram extraídos do mapeamento hidrogeológico da região Nordeste do Brasil, elaborado pelo IBGE (2013), além desses, utilizou-se as informações de níveis estáticos dos poços cadastrados no

Siagas, para mapear a profundidade do nível de saturação dos solos (CPRM, 2020). Os dados de usos e ocupação do solo foram extraídos da base cartográfica do IBGE (2018).

#### 4.5.10 Dimensionamento Do Sistema De Drenagem Das Águas Pluviais.

O sistema de drenagem das águas pluviais será projetado para reduzir o acúmulo de água nas valas. Esse aumento pode resultar em sobrecarga no sistema de tratamento, prejudicando sua eficiência. Além disso, a sobrecarga poderá comprometer o preenchimento adequado das valas, dificultando o dimensionamento da vazão do sistema. Para isso, será utilizado o método racional (Alvarez; Garcez, 1988):

$$Q = CiA \quad \text{Equação (13)}$$

Onde:

Q = Vazão a ser drenada (m<sup>3</sup>/s);

A = Área da bacia contribuinte (m<sup>2</sup>);

C = Coeficiente de escoamento superficial (tabelado; adimensional);

i = Intensidade da chuva crítica (mm/h).

A intensidade da chuva crítica é dada pela equação:

$$i = \frac{(K * T)^a}{t + b^c} \quad \text{Equação (14)}$$

Onde:

T = período de retorno (anos);

t = duração da precipitação (minutos) K;

a, b, e = parâmetros relativos à localidade.

Para o dimensionamento do canal de águas pluviais foi utilizada a Equação de Chézy Manning, a seguir descrita:

$$Q = \frac{1}{n} * S * RH_2^1 * I_2^1 \quad \text{Equação (15)}$$

Por meio desta equação, foi possível determinar o diâmetro (D) do canal.

Onde:

Q = Vazão de projeto = vazão a ser drenada (m<sup>3</sup>/s);

n = Coeficiente de rugosidade (0,013 = Coeficiente de Manning - para canais de concreto);

S = Área da seção transversal molhada (m) = (π x D<sup>2</sup>)/4;

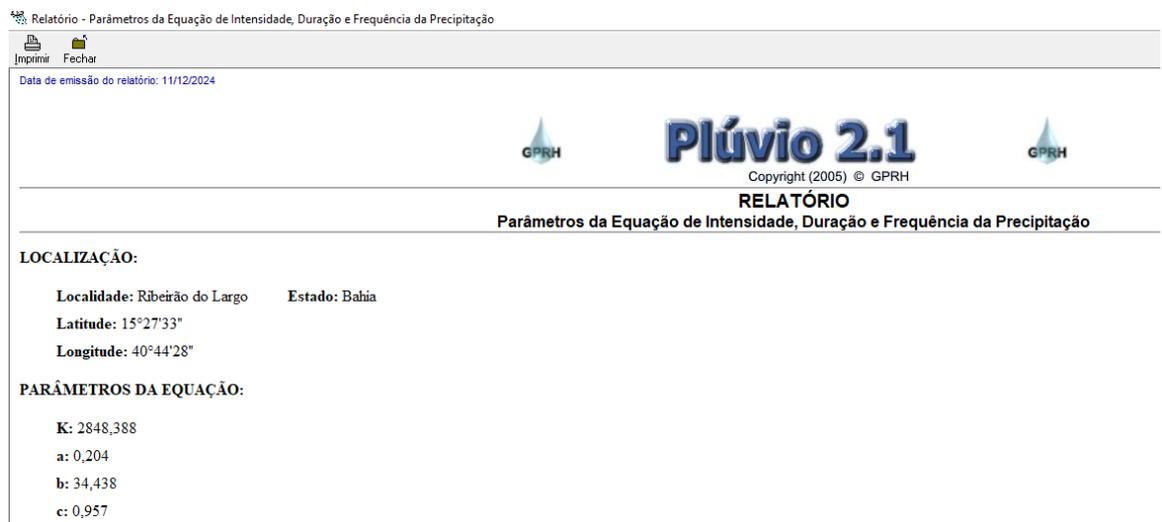
RH = Raio hidráulico da seção ou perímetro molhado (m) = D/4;

$I =$  Declividade do canal = 0,02 m/m ou 2% com base em critérios técnicos que visam garantir o escoamento eficiente das águas pluviais, prevenindo acúmulos e possíveis alagamentos.

O dimensionamento do sistema de drenagem das águas pluviais foi realizado considerando a importância de controlar a quantidade de água que percola sobre os resíduos, uma vez que este fator contribui significativamente para o aumento da geração de chorume. Com base no período de retorno de 5 anos e na duração de precipitação de 30 minutos, foram obtidos os parâmetros necessários para o cálculo do sistema de drenagem.

Para a determinação desses parâmetros, foi utilizado o programa Plúvio 2.1 desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa, que possibilitou a obtenção dos valores de "K", "a", "b" e "c". Esses parâmetros foram fundamentais para a adequação do dimensionamento do sistema de drenagem, permitindo que as condições pluviométricas específicas fossem corretamente consideradas no processo de cálculo.

**Figura 4 -** Parâmetros da Equação IDF.



**Fonte:** Plúvio 2.1 (2024)

A análise dos resultados indica que os valores obtidos para os parâmetros 'K', 'a', 'b' e 'c' estão em conformidade com as características físicas do local e com as condições estabelecidas para o dimensionamento do sistema, demonstrando coerência técnica e representatividade em relação ao comportamento esperado.

A aplicação desses parâmetros nos cálculos demonstrou que o sistema de drenagem atenderá adequadamente à necessidade de controlar o escoamento da água pluvial, minimizando a geração de chorume e garantindo a segurança ambiental do aterro sanitário.

#### 4.5.11 Coeficiente De Escoamento Superficial (C)

Para determinar o valor do coeficiente de escoamento superficial, inicialmente, adotou-se o tempo de retorno. De acordo com o DNIT (2005), considerando que a canaleta de concreto utilizada para o escoamento das águas pluviais é um dispositivo de drenagem superficial, o tempo de retorno adotado foi de 5 anos.

**Quadro 2 - Coeficiente De Escoamento Superficial (C).**

<b>Espécie</b>	<b>Período de Recorrência (anos)</b>
Drenagem Sub-superficial	1
Drenagem Superficial	5 a 10
Bueiro	10 a 25 e 50 (como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

Fonte: DNIT (2005)

**Tabela 2 - Valores de C para várias superfícies, declividade e tempos de retorno.**

<b>Superfície</b>	<b>Tempos de Retorno (anos)</b>						
	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>500</b>
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/telhado	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Gramados (Cobrimento de 50% da área)							
- Plano (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
- Média (2-7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
- Inclinado (>7%)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Gramados (Cobrimento de 50 a 70% da área)							
- Plano (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
- Média (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
- Inclinado (>7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Gramados (Cobrimento maior que 75% da área)							
- Plano (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
- Média (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
- Inclinado (>7%)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Campos cultivados							
- Plano (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
- Médio (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
- Inclinado (>7%)	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastos							
- Plano (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
- Médio (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
- Inclinado (>7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Florestas/Reflorestamentos							
- Plano (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
- Médio (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
- Inclinado (>7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fonte: Mello e Silva (2009)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Estabelecer o levantamento quantitativo e qualitativo dos resíduos sólidos domiciliares produzidos na cidade de Ribeirão do Largo.

Diante dos dados estabelecidos foi possível atender o objetivo quantificar e qualificar os resíduos sólidos domiciliares produzidos no município, a análise considera a composição dos resíduos, identificando a fração orgânica, reciclável e rejeito, bem como a geração per capita, permitindo uma visão detalhada do perfil de descarte da população.

Por meio da tabela 3 é possível perceber que a grande maioria dos domicílios contemplados com o serviço de coleta estavam situados na zona urbana, sendo 1.273 domicílios atendidos dos 1.311 existentes. Ainda na zona urbana, as demais maneiras de destinação eram inexpressivas.

**Tabela 3** - Quantidade de domicílios por forma de destinação dos resíduos sólidos – Ribeirão do Largo/BA.

Domicílios	Total	Urbana	Rural
Total	2.428	1.311	1.117
Coletado	1.331	1.273	58
Queimado (na propriedade)	937	28	909
Enterrado (na propriedade)	35	-	35
Jogado em terreno baldio ou logradouro	106	10	96
Jogado em rio, lago ou mar	3	-	3
Outro destino	16	-	16

Fonte: IBGE (2010)

O município de Ribeirão do Largo não realiza nenhum tipo de controle ou monitoramento de quantidades de resíduos sólidos coletados. Porém, por meio do estudo gravimétrico realizado na construção do PMRS foi possível fazer o levantamento dos resíduos gerados.

Fazendo uma estimativa da massa coletada de resíduos sólidos, com base nos dias de coleta, na quantidade de viagens e na capacidade dos veículos utilizados, obtém-se que diariamente são coletados 4.217,14 kg de resíduos sólidos, como mostra a tabela abaixo.

**Tabela 4** - Massa de resíduos gerados pela população atendida estimado em relação à capacidade dos veículos em Ribeirão do Largo/BA.

Local	Nº de viagens/dia	Nº de dias na semana	Capacidade do veículo (m <sup>3</sup> )	Capacidade utilizada	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa coletada (kg/semana)	Massa coletada (kg/dia)
Sede	3	3	12	100%	164	17.712,00	2.530,29
Nova Brasília	4	2	8	100%	164	10.496,00	1.499,43
Campinarana	1	1	8	100%	164	1.312,00	187,43
Total	-	-	-	-	-	29.520,00	4.217,14

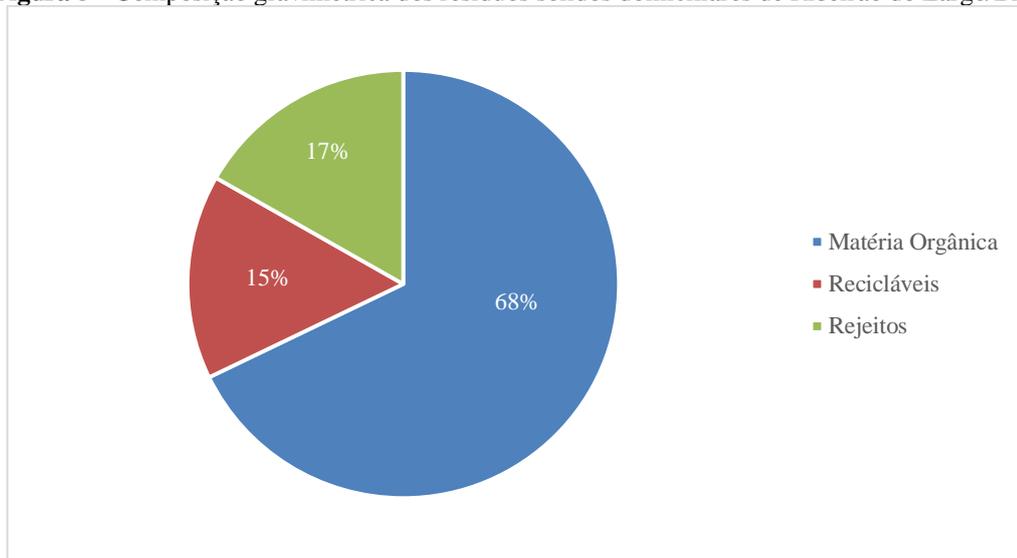
Fonte: PMRS (2022)

Calculando a massa per capita coletada em relação à população atendida obtém-se 0,67 kg/hab.dia. Estratificando esse resultado para a sede, Nova Brasília e Campinarana,

obtem-se respectivamente 0,77 kg/hab.dia, 0,42 kg/hab.dia e 0,45 kg/hab.dia. Sendo assim, será considerado, 0,7 kg/hab.dia e o peso específico é de 164 kg/m<sup>3</sup>.

Os dados mostraram que as maiores proporções de resíduos sólidos domiciliares gerados são: matéria orgânica (68,5%), contaminantes biológicos (12,61%), plástico (10,16%) e papel ou papelão (2,69%). Notou-se ainda que resumidamente os resíduos podem ser classificados em biodegradáveis (68,5%), recicláveis (15,6%) e rejeitos (15,9%), como mostra a tabela e a figura abaixo.

**Figura 5** - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Ribeirão do Largo/BA.



**Fonte:** Adaptado PMRS (2022)

Ao comparar a média nacional indicada pelos dados do SNIS (2022), apresenta a fração orgânica superior ao que indica o estudo, sendo que essas médias variam entre 50% e 55%, essa diferença pode estar relacionada ao menor consumo de produtos industrializados e embalagens no município, reduzindo a fração de resíduos recicláveis como também a ausência de programas de coleta seletiva estruturados, o que leva a uma menor separação dos materiais recicláveis na fonte.

Esse cenário é confirmado pelos dados da ABRELPE (2021), que indicam que, em municípios de pequeno porte, a fração orgânica tende a ser predominante devido à menor presença de embalagens e produtos industrializados no lixo doméstico. Essa realidade contrasta com a dos grandes centros urbanos e reforça que o elevado percentual de resíduos orgânicos em Ribeirão do Largo representa um potencial significativo para a prática da compostagem. Além disso, conforme dados da CETESB (2021), estados como Santa Catarina e Paraná, que contam com municípios de até 20.000 habitantes e utilizam a metodologia de logística reversa, apresentaram resultados expressivos, com taxas de reciclagem de até 40%

dos resíduos urbanos. Esses dados demonstram que, quando políticas públicas são aplicadas de forma adequada, é possível reduzir significativamente a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários.

A presença de apenas 15% dos resíduos coletados como recicláveis reflete a ausência de um sistema de coleta seletiva estruturado no município, evidenciando um potencial econômico não aproveitado. Essa situação indica uma oportunidade significativa para otimizar a recuperação desses materiais, reintegrando-os à cadeia produtiva como matéria-prima e, conseqüentemente, reduzindo de maneira eficaz a quantidade de resíduos destinados ao aterro sanitário.

## 5.2 Elaborar um projeto técnico para a construção e operação do aterro sanitário, seguindo as normas e legislações pertinentes

### 5.2.1. Estudo Populacional e Demandas

A projeção populacional para Ribeirão do Largo foi realizada com base nos dados dos Censos Demográficos do IBGE de 2000, 2010 e 2022, como mostra a tabela 5.

**Tabela 5** - Censos Demográficos do IBGE de 2000, 2010 e 2022.

Ano	Habitantes
2000	8.573 habitantes
2010	8.602 habitantes
2022	9.740 habitantes

**Fonte:** IBGE, 2022.

Foram utilizadas as metodologias de projeção aritmética e projeção geométrica para determinar a mais adequada ao município de Ribeirão do Largo, como indicada a tabela 6. As projeções foram estabelecidas considerando um horizonte de 20 anos, com estimativas válidas até 2044.

**Tabela 6** - População de Ribeirão do Largo – BA.

Projeção Geométrica	Projeção Aritmética
11.111 habitantes	12.090 habitantes

**Fonte:** Autoria Própria (2024).

A projeção aritmética embora seja mais simples, se justifica pela sua adequação para estimativas de longo prazo e por fornecer um valor mais conservador o que é fundamental para o planejamento da infraestrutura de resíduos sólidos. Ribeirão do Largo apresenta um histórico de crescimento populacional estável, sem sinais de um crescimento exponencial.

A projeção geométrica, que assume um crescimento percentual constante ao longo do tempo, pode superestimar a população futura, resultando em um superdimensionamento da

infraestrutura do aterro sanitário, gerando assim despesas desnecessárias. Ao passo que a projeção aritmética se baseia na suposição de que a população cresce de maneira linear ao longo do tempo, adicionando um número fixo de habitantes a cada período, adequada para locais com crescimento populacional estável, portanto, foi escolhida.

Lakatos e Marconi (2011), ressalta que a projeção aritmética é amplamente utilizada para municípios de pequeno porte, pois oferece previsões mais realistas em contextos de crescimento populacional moderado ou em fase de estabilização. Adequando a Ribeirão do Largo, que apresentou uma taxa média de crescimento da população nos últimos censos redução (IBGE, 2022) e utilizando a projeção aritmética, a população estimada para o ano de 2044 é de 12.090 habitantes. Esse dado é fundamental para o dimensionamento do aterro sanitário, que será projetado para atender essa população.

A tabela 7 apresenta os resultados do dimensionamento do aterro sanitário para a cidade de Ribeirão do Largo – BA.

**Tabela 7** – Resultados do Dimensionamento do Aterro Sanitário.

VL (m <sup>3</sup> /dia)	VRA (m <sup>3</sup> /ano)	VT (m <sup>3</sup> )	VH (m <sup>3</sup> )	N (valas)	A (m <sup>2</sup> )	AT (ha)	L (m)	AN (ha)
64,5	23.542,5	1961,8	470.850	240	784,72	1,6	197	2,5

Fonte: Autoria própria (2025).

*VL: Volume De Resíduos Diários De Ocupação (Vl) (M<sup>3</sup>/Dia)*

*VRA: Volume Anual (Vra)*

*VT: Padrão De Valas Para 1 (Um) Mês (Vt)*

*VH: Volume Total No Horizonte De Projeto (Vh) (M3)*

*N: Número De Valas (N)*

*A: Área Superficial Da Vala (A) (M2)*

*AT: Área Total Ocupada Por Valas (At)*

*L: Comprimento Da Vala*

*AN: Área Total Necessária*

Para o cálculo do comprimento da vala (L), foi considerada uma largura (B) de 4 metros, atendendo às exigências estabelecidas pela norma, que determina que a largura da vala deve ser inferior a 5 metros. A norma exige uma distância mínima de 1,0 metro entre as bordas superiores das valas para permitir a operação segura.

Outro critério também atendendo pela norma corresponde à altura da vala que no dimensionamento foi de 2,5 metros, atendendo plenamente às diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 15849, que determina um limite máximo de 3,0 metros para a profundidade da

escavação. Esse parâmetro garante a estabilidade dos taludes e a proteção do nível freático, contribuindo para a segurança estrutural do aterro.

No dimensionamento do aterro sanitário para a cidade de Ribeirão do Largo, foi adotada a metodologia que indica que vala deve ser escavada de uma só vez e dimensionada para comportar resíduos por aproximadamente 30 dias. O comprimento da vala foi dimensionado em 197 metros, sendo uma área total necessária para as operações do aterro estimada em 2,5 hectares.

O cálculo de 240 valas e um volume total no horizonte do projeto de 470.850 m<sup>3</sup> indicam que o planejamento segue essa diretriz, garantindo uma vida útil adequada para o aterro.

### 5.2.2 Dimensionamento Do Sistema De Drenagem Das Águas Pluviais

Para realizar o dimensionamento sistema de drenagem das águas pluviais do aterro sanitário forma considerados os seguintes critérios:

➤ *Intensidade Da Chuva Crítica (I)*

$$i = \frac{K * T^a}{(t+b)^c} \quad \text{Equação (15)}$$

Dados:

$$K = 2848,388$$

$$A = 0,204$$

$$b = 34,438$$

$$e = 0,957$$

Sendo assim,

$$i = \frac{2848,388 * 5^{0,204}}{(30 + 34,438)^{0,957}}$$

$$i = 73,42 \text{ mm/h}$$

➤ *Área Da Bacia Contribuinte (A)*

$$A = 2,5 = 25000 \text{ m}^2$$

➤ *Coefficiente De Escoamento Superficial (C)*

Com o tempo de retorno previamente definido e considerando que a área destinada ao aterro apresenta características de terreno plano, além da predominância de vegetação do tipo pastagem, foi possível determinar o valor do coeficiente de escoamento superficial, obtendo-se um resultado de 0,28.

Tendo os valores estabelecidos, pode-se calcular Vazão drenada:

➤ *Vazão Drenada*

$$Q = \frac{(0,28(73,42/1000)25000)}{3600}$$

$$Q = 0,143 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ *Dimensionamento do canal*

$$Q = \frac{1}{n} \cdot S \cdot RH_2^1 \cdot I_2^1$$

$$0,143 = \frac{1}{0,013} \cdot \left(\frac{\pi D^2}{8}\right) \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^2 \cdot (0,02)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0,396 \text{ m} \approx 396 \text{ mm}$$

Como os diâmetros comerciais segue padrões, os valores que se aproxima dos disponíveis será 400 mm  $\approx$  0,40 m.

É importante salientar que o sistema de drenagem de águas pluviais do aterro sanitário foi dimensionado exclusivamente para a área interna do próprio aterro, com base nas características e dimensões dessa área específica. Os cálculos realizados consideram apenas as áreas diretamente associadas à operação do aterro, sem englobar as zonas periféricas ou o entorno imediato da instalação.

O sistema de drenagem de gases deve ser dimensionado e implantado conforme as orientações presentes no Quadro 2 – Instruções para Drenagem dos Gases (ABNT, 2010, p. 5), a necessidade desse sistema é avaliada com base em dois fatores principais:

- Altura final do aterro (menor ou igual a 3 metros / superior a 3 metros)
- Percentual de matéria orgânica nos resíduos (até 30% / acima de 30%)

A adoção de um sistema para drenagem de gases é considerada quando a quantidade de resíduos orgânicos ultrapassa 30% e o aterro tem mais de 3 metros de altura. Contudo, a ABNT indica que, para aterros com altura abaixo desse valor, o sistema pode ser dispensado, mesmo que a quantidade de resíduos orgânicos seja alta. No município de Ribeirão do Largo, a fração orgânica dos resíduos quantificada foi 68,5%, o que é bem superior aos 30% estabelecido pela norma. Entretanto, a altura do aterro foi projetada para 2,5 a norma permite que a instalação desse sistema seja dispensada. É importante salientar que apesar da fração elevada de resíduos orgânicos, a ABNT toma como fator determinante à altura do aterro. Com a altura abaixo de 3 metros, a instalação do sistema de drenagem de gases não é necessária, e isso pode ser justificado tecnicamente.

De acordo com referências técnicas, quantidade de biogás gerado está diretamente ligada ao volume de resíduos e ao tempo de confinamento. Em pequenas cidades, essa geração tende a ser bem mais baixa. Conforme aponta CETESB (2017) e de Barlaz et al. (2009) a difusão natural dos gases através da camada de cobertura é suficiente para evitar acúmulos que possam gerar problemas ambientais ou operacionais. Consequentemente, sendo menor a altura do aterro facilita essa dissipação passiva do biogás, tornando a instalação de sistemas complexos desnecessária.

Outro fator importante a considerar são os custos envolvidos na implantação de um sistema de drenagem de gases, que podem ser altos e inviáveis financeiramente, em especialmente para municípios pequenos. Como a norma possibilita a dispensa de implementação, os recursos podem ser mais bem aproveitados em outras áreas essenciais, como a melhoria das operações do aterro. Com isso, a decisão de não instalar o sistema de drenagem de gases no aterro de Ribeirão do Largo está bem fundamentada em critérios técnicos, sendo uma abordagem que assegura a viabilidade econômica do aterro, mantendo a segurança ambiental e operacional.

Entretanto, caso seja adotado um sistema de drenagem gases, pode ser realizada de forma empírica, uma vez que, até o momento, não existem modelos de cálculo que comprovem essa geração na prática. Considerando que o aterro se classifica como de pequeno porte, conforme a metodologia desenvolvida por Lange et al. (2008), poderão ser instalados drenos constituídos por tubos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) com diâmetro de 500 mm. Esses tubos serão perfurados em toda a sua circunferência para otimizar a captação dos gases no interior das células.

Os drenos poderão ter um comprimento médio de 4,00 metros, tendo distanciamento entre eles de 60 m sendo instalados a partir da base da célula, atravessando a profundidade de 2,5 metros e alcançando a superfície com uma extensão adicional a partir do nível final do aterro. Para evitar a obstrução dos orifícios de captação de gás devido à infiltração de resíduos ou do próprio solo, os drenos serão revestidos com brita 4 e 5 ao longo de toda sua extensão.

Além disso, a fixação das britas ao redor dos tubos será realizada por meio de uma tela reforçada de PEAD, material escolhido devido à sua elevada resistência a possíveis processos corrosivos resultantes da decomposição dos resíduos sólidos presentes nas células do aterro. Esta estratégia, além de cumprir a legislação em vigor, também auxilia na redução de custos do projeto, sem prejudicar a integridade do meio ambiente e a segurança do aterro sanitário.

### 5.2.3 Infraestrutura De Apoio

A análise da operação do aterro sanitário pelo método de valas, conforme as diretrizes da **ABNT NBR 15.849**, demonstra a viabilidade e eficiência deste modelo em relação à disposição final de resíduos sólidos. Este método, que consiste na escavação de valas para o depósito dos resíduos, é amplamente adotado devido à sua simplicidade e ao baixo custo operacional, especialmente em contextos de aterros de menor porte. As diretrizes da NBR 15.849 asseguram que as práticas operacionais adotadas sejam seguras, eficientes e ambientalmente responsáveis.

#### **Acessos e Logística Operacional**

A definição clara dos acessos ao aterro é um aspecto fundamental para garantir o bom andamento das operações diárias. Os acessos devem ser projetados de maneira a facilitar o trânsito de veículos e maquinários, assegurando a entrada e saída rápidas e seguras, sem sobrecarregar as vias internas. De acordo com a NBR 15.849, a circulação de veículos de transporte de resíduos deve ser otimizada, evitando congestionamentos e permitindo uma disposição mais eficiente dos resíduos nas valas.

Quanto à operação do aterro, o método de escavação de valas por batelada utilizando maquinário de terceiros para realizar a abertura das valas apresenta vantagens consideráveis. Nesse processo, a escavação das valas é feita em etapas, cada vez com uma quantidade controlada de solo removido. Isso oferece maior flexibilidade na operação, pois permite que o trabalho seja realizado de maneira mais gradual e controlada, minimizando a necessidade de uma operação contínua com maquinário pesado no interior do aterro.

Além disso, a redução da circulação de máquinas também diminui o risco de acidentes, aumentando a segurança no ambiente de trabalho e melhorando a eficiência do processo. A operação com maquinário externo para escavação das valas proporciona flexibilidade, permitindo que a escavação seja realizada conforme a necessidade, por meio de bateladas controladas, o que também contribui para o manejo adequado do solo e a disposição dos resíduos.

#### **Isolamento e Segurança do Aterro**

De acordo com a **NBR 15.849**, é fundamental implementar procedimentos eficazes para o isolamento do aterro sanitário, com o objetivo de restringir o acesso de pessoas não autorizadas e animais. Isso pode ser feito por meio da instalação de barreiras físicas ao redor do perímetro do aterro. As barreiras podem incluir cercas e outras estruturas de segurança que

garantam a proteção do local contra acessos indesejados, minimizando os riscos de contaminação ambiental e evitando que animais, como roedores e aves, entrem em contato com os resíduos.

Além das barreiras físicas, a cerca viva arbustiva deve ser implantada ao redor do perímetro do aterro, conforme as recomendações da norma. A cerca viva não apenas funciona como uma barreira adicional, mas também oferece benefícios ambientais, contribuindo para a biodiversidade local. A vegetação atua como um bloqueio natural contra a dispersão de resíduos e pode ajudar a reduzir a emissão de poeira, além de servir de abrigo para fauna local, ao mesmo tempo que reduz a visibilidade da área do aterro, contribuindo para uma melhor integração do local com o meio ambiente ao seu redor.

### **Cobertura das Células e Recuperação do Solo**

Outro aspecto fundamental do processo de gestão do aterro é a cobertura das células de resíduos. Essa etapa consiste na aplicação diária de uma camada de material inerte, geralmente solo, sobre os resíduos recém-dispostos. Deve ser realizada uma cobertura com espessura de 20 cm ao final de cada jornada de trabalho. Logo, quando uma célula atingir o limite de sua capacidade de armazenamento, de acordo com as especificações da NBR 15.849 (ABNT, 2010), deve ser realizada a cobertura da área com uma camada de solo com espessura mínima de 60 cm. Essa cobertura tem a função de selar o aterro e reduzir a emissão de gases, como o metano, além de impedir a lixiviação de substâncias tóxicas para o solo e os corpos d'água circundantes. O uso de plantas adaptadas à região, além de garantir a recuperação da área, também pode proporcionar benefícios estéticos e ambientais a longo prazo.

O modelo de operação do aterro sanitário pelo método de valas, conforme a NBR 15.849, quando implementado com as práticas recomendadas, demonstra ser uma solução eficiente e sustentável para a disposição de resíduos. A definição cuidadosa dos acessos, a utilização de métodos manuais e a escavação das valas por batelada, combinados com a minimização da circulação de maquinário interno, contribuem para uma operação mais econômica e segura. Além disso, o isolamento adequado do aterro, com barreiras físicas e a instalação de cerca viva arbustiva, garante a segurança do local, evitando o acesso de pessoas e animais não autorizados.

O seguimento das diretrizes estabelecidas pela NBR 15.849 permite que o aterro se mantenha dentro dos parâmetros exigidos pelas normas ambientais, tornando-se um modelo de boa prática na gestão de resíduos sólidos. A implementação rigorosa dessas práticas torna o aterro sanitário um projeto mais eficiente, seguro e sustentável, com a capacidade de reduzir

de forma significativa os impactos ambientais enquanto satisfaz as necessidades da sociedade para a destinação final de resíduos.

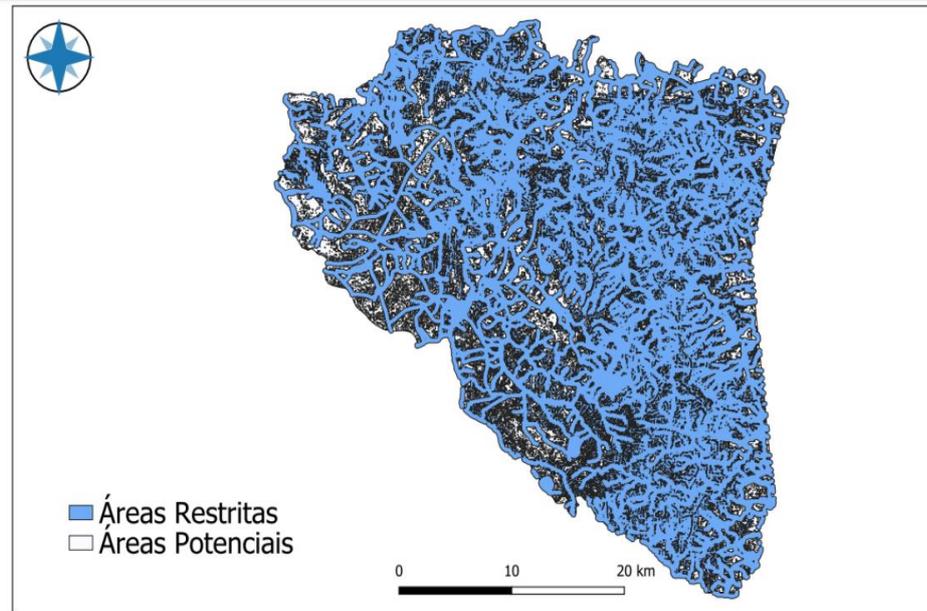
Durante o desenvolvimento do projeto de dimensionamento do aterro sanitário de pequeno porte para o município de Ribeirão do Largo, optou-se por não realizar o dimensionamento específico de um sistema de tratamento de chorume. Essa decisão foi tomada com base no porte reduzido do empreendimento e na adoção do método de valas, conforme previsto na ABNT NBR 15849:2010, que estabelece diretrizes para aterros de pequeno porte.

A norma admite, em determinadas condições, a dispensa de sistemas complexos de drenagem e tratamento de chorume, especialmente quando se trata de valas com profundidade limitada (até 3 metros) e com controle rigoroso da composição dos resíduos. No caso de Ribeirão do Largo, o estudo gravimétrico identificou uma predominância da fração orgânica e uma baixa geração de resíduos em escala total — menos de 20 toneladas diárias — o que reduz substancialmente o volume de chorume gerado. Portanto, a ausência do dimensionamento do sistema de tratamento de chorume neste projeto é justificada tecnicamente com base nos critérios normativos da ABNT NBR 15849:2010, sendo compatível com a realidade do município, a tipologia do aterro adotado e as condições ambientais locais.

### **5.3 Identificar áreas inapropriadas para a construção do aterro sanitário, considerando critérios ambientais e de segurança.**

O Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (Prosab) apresenta uma metodologia de identificação de áreas favoráveis para instalação do aterro sanitário, proposta por Gomes e Martins (2003), que classifica os critérios adotados em ambientais, uso e ocupação do solo, e operacionais. Para cada critério são atribuídos notas e pesos, já que a análise para seleção de áreas deve considerar não apenas todos os critérios envolvidos, mas relacioná-los e compará-los, e, nesse caso, considerar ainda o grau de importância de cada um diante do uso da área para a disposição de resíduos sólidos (Gomes; Martins, 2003). Sendo assim, tendo todos os critérios levados em consideração, as zonas em branco são as áreas ambientalmente adequadas para a implantação de infraestrutura destinada à disposição adequada de rejeitos em Ribeirão do Largo, como mostra a figura abaixo.

**Figura 6** - Áreas inapropriadas à alocação de aterros sanitários em Ribeirão do Largo/BA.



**Fonte:** Aatoria Própria (2025)

É possível analisar que a maior parte do território é considerada "Área Restrita" para a destinação de rejeitos. Essa limitação representa um grande obstáculo na busca por locais adequados para a instalação do aterro sanitário. As restrições indicam a presença de fatores ambientais sensíveis, como a proximidade de rios e nascentes, áreas de preservação permanente, terrenos muito inclinados ou regiões urbanizadas. Observa-se que mais de 70% do território do município é classificado como área restrita para a construção do aterro sanitário, conforme os critérios técnicos e ambientais adotados. Essa limitação territorial representa um desafio significativo para a implantação do projeto, pois reduz consideravelmente as opções viáveis de localização e impõe a necessidade de uma análise criteriosa dos espaços ainda disponíveis.

Diante dessas dificuldades, investir em soluções alternativas, como a reciclagem e a compostagem, torna-se essencial. Essas práticas ajudam a diminuir o volume de rejeitos que precisam ser encaminhados para aterros, tornando o processo de gestão de resíduos mais eficiente e sustentável. Por isso, o planejamento nessa área deve ir além da simples escolha de um local para descarte, englobando estratégias complementares que reduzam os impactos ambientais e operacionais. Assim tais medidas ajudam a prolongar a vida útil do aterro e contribuem para uma gestão mais eficiente e ambientalmente responsável. A análise espacial apresentada no mapa não apenas orienta a tomada de decisão quanto à localização do aterro, como também reforça a urgência de políticas públicas que promovam soluções sustentáveis e inovadoras para o setor.

## 6 CONCLUSÃO

A implementação de um aterro sanitário, embora vital para a gestão de resíduos, apresenta desafios significativos do ponto de vista ambiental. Em Ribeirão do Largo, a compreensão e mitigação dos impactos ambientais potenciais associados ao aterro são essenciais para garantir que a iniciativa não resulte em danos irreversíveis ao ecossistema local.

O planejamento e a operação do aterro devem, portanto, estar alinhados com uma perspectiva ambientalmente sustentável, destacando a importância de se seguir rigorosamente as normas da ABNT para garantir a segurança e eficiência do projeto.

O aterro sanitário pelo método de valas apresenta uma solução articulada que atende não apenas às necessidades imediatas de gestão de resíduos da cidade, mas também alinhada às expectativas de desenvolvimento sustentável. O projeto proporciona um modelo de execução que equilibra eficiência econômica, preservação ambiental e responsabilidade social, todos elementos essenciais para o avanço de práticas inovadoras em manejo de resíduos. Assim, conclui-se que, com a implementação meticulosa e comprometida, o aterro não só será um instrumento crucial na gestão dos resíduos sólidos de Ribeirão do Largo, mas também um catalisador de desenvolvimento sustentável para a região.

Para garantir a continuidade e o aprimoramento das práticas sustentáveis de gestão de resíduos em Ribeirão do Largo, é recomendável que, em etapas futuras, sejam considerados investimentos em iniciativas complementares, como a implantação de uma usina de compostagem e a estruturação de um sistema eficiente de coleta seletiva. A usina de compostagem permitirá o reaproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos, reduzindo significativamente o volume destinado ao aterro e gerando adubo para uso agrícola e paisagístico.

Já a coleta seletiva incentivará a separação dos materiais recicláveis na fonte, promovendo a conscientização ambiental da população e fortalecendo a economia circular. Essas ações, quando integradas ao funcionamento do aterro sanitário, representarão um importante avanço na consolidação de um modelo de gestão de resíduos sólidos mais sustentável, eficiente e socialmente responsável.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.** Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015. São Paulo: ABRELPE, 2015. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 10 Jan 2025.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.** Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020. São Paulo: ABRELPE, 2020. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 14 Jan 2025.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.** Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021. São Paulo: ABRELPE, 2021. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 20 Jan 2025.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.** Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022. São Paulo: ABRELPE, 2022. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 14 Jan 2025.
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.** Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 09 de mar. 2025.
- ABREMA – Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente.** Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023. São Paulo: ABREMA, 2023. Disponível em: [https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2024/03/Panorama\\_2023\\_P1.pdf](https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf). Acesso em: 14 Jan 2025.
- ALBANO, Mateus Arruda. **Dimensionamento de um aterro sanitário de pequeno porte para a cidade de Martinópolis-Ceará.** 2022. 63 f. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/71864>. Acesso em: 5 mai. 2024.
- AGÊNCIA BRASIL.** Novo marco legal do saneamento muda prazo para fim dos lixões. Brasília: EBC, 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-03/novo-marco-legal-do-saneamento-muda-prazo-para-fim-dos-lixoes>. Acesso em: 18 Nov 2024.
- AGÊNCIA BRASIL.** Mais de 41% dos resíduos urbanos tiveram destinação inadequada em 2023. Brasília: EBC, 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/meio-ambiente/noticia/2024-12/mais-de-41-dos-residuos-urbanos-tiveram-destinacao-inadequada-em-2023-0>. Acesso em: 14 Jan 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA.** Nota Técnica – Hidrogeologia do Estado da Bahia. Brasília: ANA, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419:** Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. São Paulo: Abnt, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419:** Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: Abnt, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:** Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: Abnt, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15849**: Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: Abnt, 2010.

BAHIA. Lei nº 12932, de 7 de janeiro de 2014. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. Salvador, BA, 8 jan. 2014.

BARROS, R. T. V. et al. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos**. São Paulo: CETESB, 1991.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 02 ago. 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 6 mai. 2024.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS**: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2022. Brasília: Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: [Portal Capacidades](#). Acesso em: 11 Jan 2025.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. *Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera as Leis nº 9.984, de 17 de julho de 2000; nº 10.768, de 19 de novembro de 2003; nº 11.107, de 6 de abril de 2005; e nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007*. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm). Acesso em: 11 Jan 2025.

CARMO, G. N. R. **Aterro Sanitário: Rotina de Operação do Aterro**. 2012.

CEPIS/OPS – Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente/Organização Pan-Americana da Saúde. **Diretrizes para o tratamento de resíduos sólidos urbanos**. Lima: CEPIS/OPS, 2002.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA (CONDER). **Projeto, concepção e manual de operação de aterros sanitários manuais: modelo CONDER**. Salvador: CONDER, 2002. 28p.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Rochas**. 2015. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-deBibliotecas---Rede-Ametista/Rochas-1107.html>. Acesso em: 30 mai. 2024.

CETESB. **Redução de emissões na disposição final**. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/biogas/wp-content/uploads/sites/3/2014/01/03\\_aterro.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/biogas/wp-content/uploads/sites/3/2014/01/03_aterro.pdf). Acesso em: 9 mai. 2024.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2021*. São Paulo: CETESB, 2022. Disponível em: <https://repositorio.cetesb.sp.gov.br/handle/123456789/2493>. Acesso em: 14 Jan 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA - IBGE. **Resultado da amostra do censo 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 12 mai. 2024.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

PAIVA, Ivan Euler Pereira de. **ATERRO SANITÁRIO EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS SIMPLIFICADAS NA REGIÃO DO SEMI-ÁRIDO BAIANO**. 2004. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Update world map of the Koppen-Geiger climate classification. The University of Melbourne. Victoria, 2007.

RIBEIRÃO DO LARGO. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: Produto C – Diagnóstico Técnico-Participativo. Volume Único**. Salvador. fev. 2022.

RIBEIRÃO DO LARGO. Lei N° 304/2018, de 23 de abril de 2018. Dispõe sobre a Política Municipal de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Município de Ribeirão do Largo e dá outras providências. Ribeirão do Largo, BA, 23 abr. 2018. Disponível em: <https://www.ribeiraodolargo.ba.gov.br/Handler.ashx?f=diario&query=963&c=655&m=0>. Acesso em: 30 mai. 2024.

SAVASTANO NETO, Aruntho *et al.* **Manual de operação de aterro sanitário em valas**. São Paulo: Cetesb, 2010. 24 p.

TCHOBANOGLIOUS, George; THEISEN, Hilary; VIGIL, Samuel A. **Gestão integrada de resíduos sólidos: engenharia, princípios e questões de gerenciamento**. Tradução de: Integrated Solid Waste Management. São Paulo: McGraw-Hill, 1993.