

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PAULO RICARDO ARANTES SANTANA

**SISTEMA DE ATERRO SANITÁRIO NA CIDADE DE
ANÁPOLIS GO.**

ANÁPOLIS / GO

2021

PAULO RICARDO ARANTES SANTANA

**SISTEMA DE ATERRO SANITÁRIO NA CIDADE DE
ANÁPOLIS GO.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: GLEDISTON NEPOMUCENO COSTA
JÚNIOR**

ANÁPOLIS / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

SANTANA, PAULO RICARDO ARANTES.

Sistema de aterro sanitário na cidade de Anápolis GO.

50P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Aterro Sanitário	2. Destinação
3. Efluentes	4. Resíduos sólidos
I. ENC/UNI	II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTANA, Paulo Ricardo Arantes. Sistema de aterro sanitário na cidade de Anápolis GO. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 50p. 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Paulo Ricardo Arantes Santana.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Sistema de aterro sanitário na cidade de Anápolis GO.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil. ANO: 2021.

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Paulo Ricardo Arantes Santana
E-mail: paulo.ricardo0996@gmail.com

PAULO RICARDO ARANTES SANTANA

**SISTEMA DE ATERRO SANITÁRIO NA CIDADE DE
ANÁPOLIS GO.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

Glediston n. C. Júnior

**GLEDISTON NEPOMUCENO COSTA JÚNIOR, Mestre
(UnIEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)**

Paulo Alexandre de Oliveira

**PAULO ALEXANDRE DE OLIVEIRA, Mestre (UnIEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

Elke Dias de Sousa

**ELKE DIAS DE SOUSA, Mestra (UnIEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 07 de MAIO de 2021.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus, por me permitir ultrapassar todas as adversidades e obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Gostaria de agradecer a minha família e amigos que sempre estiveram ao meu lado. Especialmente, meus pais que sempre me apoiaram com tudo que eu precisava durante a minha vida e minha namorada por me ouvir e aconselhar em momentos muito difíceis.

Sou grato pela confiança depositada na minha proposta de projeto pelo meu professor e orientador Glediston Nepomuceno Costa Júnior, que sempre esteve disposto a me ajudar e auxiliar durante todo o tempo do trabalho.

Sou grato a todo corpo docente da universidade que sempre transmitiram seu saber com muito profissionalismo. E pôr fim à instituição de ensino Unievangélica, essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo que aprendi ao longo dos anos de curso.

Paulo Ricardo Arantes Santana.

RESUMO

A geração de resíduos é inerente ao meio urbano. Esses resíduos podem ser entendidos como tudo aquilo que resta de um determinado produto ou que é descartado por algum motivo, contribuindo para o acúmulo de lixo nas cidades e fazendo com que a gestão de resíduos se torne necessária. Nessa perspectiva, o aterro sanitário atua na destinação final de resíduos gerados pela atividade humana, seja resíduos domésticos, resíduos sólidos da construção civil, resíduos comerciais, resíduos do esgoto, etc. Este trabalho tem como escopo o sistema de aterro sanitário na cidade de Anápolis GO. O estudo foi norteado a partir do objetivo geral e objetivos específicos, onde o objetivo geral buscou apresentar os princípios básicos de funcionamento de um aterro sanitário, demonstrando a sua importância para a sociedade e explanar acerca da viabilidade da implementação de projetos que otimizam os processos de tratamento de resíduos sólidos. A metodologia aplicada ao TCC foi desenvolvida em três etapas, através da revisão bibliográfica, estudo de caso e análise e apresentação dos resultados. Para atender aos objetivos o trabalho foi dividido em referencial teórico e estudo de caso. No estudo de caso foram realizadas visitas ao aterro sanitário de Anápolis e por meio de fotos elaborado um relatório para apresentação do sistema. A partir do referencial teórico e estudo de caso, observou-se a importância da aplicação de aterros sanitários na destinação e tratamento adequado dos resíduos gerados no meio urbano.

PALAVRAS-CHAVE:

Aterro sanitário. Destinação. Efluentes. Resíduos sólidos.

ABSTRACT

The generation of waste is inherent to the urban environment. This waste can be understood as everything that remains of a given product or that is discarded for some reason, contributing to the accumulation of waste in cities and making waste management necessary. In this perspective, the sanitary landfill acts in the final destination of residues generated by human activity, be it domestic residues, solid residues from civil construction, commercial residues, sewage residues, etc. This work is aimed at the landfill system in the city of Anápolis GO. The study was guided by the general objective and specific objectives, where the general objective sought to present the basic principles of operation of a landfill, demonstrating its importance for society and explaining the feasibility of implementing projects that optimize the processes of solid waste treatment. The methodology applied to Tcc was developed in three stages through literature review, case study and analysis and presentation of results. To meet the objectives, the work was divided into theoretical framework and case study. In the case study, visits were made to the Anápolis landfill and through photos a report was prepared to present the system. From the theoretical framework and case study, it was observed the importance of the application of landfills in the destination and proper treatment of waste generated in the urban environment.

KEYWORDS:

Landfill. Destination. Effluents. Solid waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Classificação dos resíduos sólidos conforme NBR 10.004 (ABNT, 2004).	19
Figura 02 - Esquema ilustrativo de gerenciamento de resíduos sólidos.....	21
Figura 03 – Coleta seletiva.	22
Figura 04 - Estimativa de geração de resíduos Orgânicos e Recicláveis nos próximos 20 anos.	24
Figura 05 – Lixão.	25
Figura 06 – Aterro sanitário.....	27
Figura 07 - Sistema de reaproveitamento do gás do lixo para a geracao de energia eletrica. ...	32
Figura 08 – Localização do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.	36
Figura 09 – Portaria do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.	37
Figura 10 – Balança do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.	38
Figura 11 – Sinalização do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.....	38
Figura 12 – Ruas de acesso dentro do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.....	39
Figura 13 – Preparação do ambiente para destinação dos resíduos.....	41
Figura 14 – Chagada do veículo coletor de resíduos urbanos na guarita.	42
Figura 15 - Disposição dos resíduos.....	42
Figura 16 – Descarga de resíduos sólidos	43
Figura 17 - Espalhamento e compactação de resíduos.	44
Figura 18 - Recobrimento dos resíduos compactados.....	44
Figura 19 - Lagoa anaeróbia do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.	45
Figura 20 - Lagoa facultativa do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.	46
Figura 21 – Queima do biogás.....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a RESOLUÇÃO CONAMA nº 307.....	20
Quadro 02 - Composição do biogás	29

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CH ₄	Dióxido de carbono
CO ₂	Amônia
GNV	Gás Natural Veicular
H ₂ S	Nitrogênio
NH ₃	Hidrogênio
H ₂	Gás sulfídrico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
N ₂	Nitrogênio
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
RSU	Resíduo Sólido Urbanos
O ₂	Oxigênio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 METODOLOGIA	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 RESIDUOS SOLIDOS	18
2.1.1 Gerenciamento de resíduos sólidos	21
2.2 LIXÃO	23
2.3 ATERRO SANITÁRIO	25
2.4 PROCESSO DE DIGESTÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA	28
2.4.1 Biogás.....	28
2.4.2 Potencial energético dos gases gerados.....	29
2.5 PROJETOS DE APROVEITAMENTO DO BIOGÁS	30
2.5.1 Biogás para geração de vapor	30
2.5.2 Biogás como combustível veicular	31
2.5.3 Utilização do Biogás na geração de energia elétrica	31
2.5.3.1 Tubos de coleta	33
2.5.3.2 Sistema de tratamento de condensado	33
2.5.3.3 Compressor	34
2.5.3.4 Flare	34
2.5.3.5 Sistema de tratamento de gás	34
2.6 EXEMPLOS DE PROJETOS DE APROVEITAMENTO DO BIOGAS NO BRASIL	34
3 ATERRO SANITÁRIO MUNICIPAL DE ANÁPOLIS GO.....	36
3.1 CARACTERÍSTICAS DO ATERRO	36
3.2 INFRAESTRUTURA DO ATERRO SANITÁRIO MUNICIPAL DE ANÁPOLIS	37
3.2.1 Portaria.....	37
3.2.2 Balança	37

3.2.3	Sinalização.....	38
3.2.4	Isolamento e cinturão verde	39
3.2.5	Acessos	39
3.2.6	Iluminação, comunicação e água	40
3.2.7	Instalações de apoio operacional e monitoramento.....	40
3.3	ROTINA OPERACIONAL DO ATERRO SANITÁRIO MUNICIPAL DE ANÁPOLIS	
	40	
3.3.1	Recebimento dos resíduos.....	42
3.3.2	Disposição dos resíduos.....	42
3.3.3	Descarga e compactação dos resíduos	43
3.3.4	Recobrimento dos resíduos compactados.....	44
3.3.5	Tratamento do chorume	45
3.3.6	Tratamento do biogás	46
4	CONCLUSÃO	48
4.1	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	49
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

A destinação correta de resíduos provindos do consumo humano, é de suma importância para a manutenção de um meio ambiente saudável, contribuindo para a qualidade de vida da sociedade, e é papel fundamental dos aterros sanitários, que tem função não somente do descarte mais também do tratamento do material ali depositado (BUENO, 2008).

Para dar melhor destinação aos resíduos urbanos produzidos, a fim de que sejam evitados os efeitos negativos que eles podem ter no meio ambiente, surgiram com papel fundamental os aterros sanitários, que são regulamentados por meio da NBR 10.004 (ABNT, 2004)

Dentre as medidas de tratamento dos RSU's (Resíduos Sólidos Urbanos), nos aterros estão o tratamento por digestão anaeróbica, tratamento por digestão aeróbica, além do controle dos fluidos originados do processo (CAVALCANTI; MAZZER, 2004).

A decomposição da matéria orgânica ocorre por dois processos, o primeiro processo é de decomposição aeróbia e ocorre normalmente no período de deposição do resíduo. Após este período, a redução do O₂ (Oxigênio) presente nos resíduos dá origem ao processo de decomposição anaeróbia (NASCIMENTO FILHO, 2002).

O gás de aterro é composto por vários gases, alguns presentes em grandes quantidades como o metano e o dióxido de carbono e outros em quantidades em traços. Os gases presentes nos aterros de resíduos incluem o CH₄ (Metano), CO₂ (Dióxido de carbono), NH₃ (Amônia), (H₂) Hidrogênio, H₂S (Gás sulfídrico) e N₂ (Nitrogênio). O metano e o dióxido de carbono são os principais gases provenientes da decomposição anaeróbia dos compostos biodegradáveis dos resíduos orgânicos (NASCIMENTO FILHO, 2002).

Segundo Bueno (2008) visando gerenciar de modo mais adequado e mais eficiente os gases oriundos do processo de decomposição dos resíduos orgânicos, foram desenvolvidos vários projetos para aproveitamento energético do lixo, para ser empregado em sistemas de geração de energia elétrica, biogás para automóveis, combustível para caldeiras, produção de vapor, dentre outros, além de utilizar a redução das emissões de gases do efeito estufa para negociar certificados de créditos de carbono por meio do mecanismo de desenvolvimento limpo, de acordo com o Protocolo de Kyoto.

1.1 JUSTIFICATIVA

A geração de resíduos é inerente ao meio urbano, tornando o descarte indevido de lixo seja característico nas cidades. Ainda assim, diversos municípios têm dificuldade na implantação da gestão de resíduos para descarte e tratamento adequado do lixo, devido ao custo da implantação desse tipo de sistema e o aumento na produção de lixo das cidades. Sem falar nas questões políticas, sociais e de localidade de cada região (PACHECO,2010).

O fato, é que a destinação inadequada do lixo gera a contaminação do meio ambiente e poluição, proliferação de doenças que comprometem a saúde da população, além da poluição visual do ambiente e mau cheiro (PHILIPPI JUNIOR, 2010).

O aterro sanitário é o meio de destinação e tratamento de resíduos que menos gera impacto ambiental, uma vez que, parte de um dimensionamento projetado para evitar o contato dos rejeitos de lixo diretamente com o solo, água e ar. Além de ser construído em locais afastados para poupar o contato de pessoas (PACHECO,2010).

Anápolis GO possui um sistema de aterro sanitário municipal dimensionado para o recebimento e tratamento dos resíduos gerados pela cidade. Ao apresentar os princípios básicos de funcionamento do aterro, será possível demonstrar a sua importância para a sociedade, a partir de uma aplicação prática.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral e objetivos específicos apresentam as ideias centrais do TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) servindo como norte para a elaboração do estudo.

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar os princípios básicos de funcionamento de um aterro sanitário, demonstrando a sua importância para a sociedade e explanar acerca da viabilidade da implementação de projetos que otimizam os processos de tratamento de resíduos sólidos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Discorrer sobre os principais conceitos ligados a geração e gestão de resíduos nas cidades.
- Relatar sobre os processos de tratamento dos resíduos e aspectos necessários recebidos em um aterro sanitário.
- Discorrer sobre o reaproveitamento do biogás.
- Demonstrar o sistema de aterro sanitário da cidade de Anápolis GO, apresentando seu funcionamento e componentes.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada ao TCC foi desenvolvida em três etapas, através da revisão bibliográfica, estudo de caso e análise e apresentação dos resultados.

A etapa da revisão bibliográfica foi elaborada com a finalidade de reunir o material necessário para conhecimento sobre o tema e apoio no estudo de caso e análise e apresentação dos resultados. Essa etapa atenderá aos objetivos de discorrer sobre os principais conceitos ligados a geração e gestão de resíduos nas cidades, relatar sobre os processos de tratamento dos resíduos e aspectos necessários recebidos em um aterro sanitário e discorrer sobre o reaproveitamento do biogás.

A etapa do estudo de caso foi desenvolvida para demonstrar o sistema de aterro sanitário da cidade de Anápolis GO, apresentando seu funcionamento e componentes. Para isso, foram realizadas 02 visitas ao local e por meio de observação, anotações e registros fotográficos foram levantadas as informações necessárias.

A etapa da análise e apresentação dos resultados foi realizada a partir das etapas anteriores, de posse do material levantado na revisão bibliográfica, juntamente com as informações reunidas no estudo de caso foi elaborado um relatório contendo as considerações finais do estudo.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado em 04 capítulos que correspondem a cada etapa da metodologia aplicada.

O Capítulo 01 denominado Introdução, faz a apresentação do TCC. São apresentados nesse capítulo os objetivos que nortearão a elaboração do estudo, as justificativas que levaram à escolha do tema, a metodologia escolhida para a elaboração do TCC e a forma como o trabalho será estruturado.

O Capítulo 02 denominado Fundamentação Teórica, apresenta o levantamento dos conceitos elaborados a partir da pesquisa bibliográfica.

O Capítulo 03 denominado Aterro Sanitário Municipal de Anápolis GO, apresenta o estudo de caso aplicado ao aterro sanitário de Anápolis. Nesse capítulo é descrito estruturas e componentes do aterro sanitário, assim como rotina operacional do aterro.

O Capítulo 04 denominado Conclusão, apresenta os resultados obtidos no estudo através da análise de todo o trabalho realizado. No Capítulo 05 também é apresentado as sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RESIDUOS SOLIDOS

A geração de resíduos sólidos no meio urbano é um fenômeno que faz parte do cotidiano das cidades, ocorrendo em diferentes quantidades e composições a cada dia. Essa crescente geração de resíduos acontece principalmente devido os padrões de consumo, da economia e do modo de vida da sociedade. Em cidades mais desenvolvidas onde a um maior consumo e grande circulação de mercadorias a produção de lixo é mais significativa (PHILIPPI, 2010).

Philippi (2010) pontua alguns dos fatores que contribuem para a produção de resíduos como a necessidade da sociedade em consumir de produtos artificiais, a rapidez com que os produtos se tornam obsoletos, o aumento do consumo de alimentos embalados e processados e a busca pelo atendimento de padrões que fazem com que as pessoas queiram sempre algo novo e melhor.

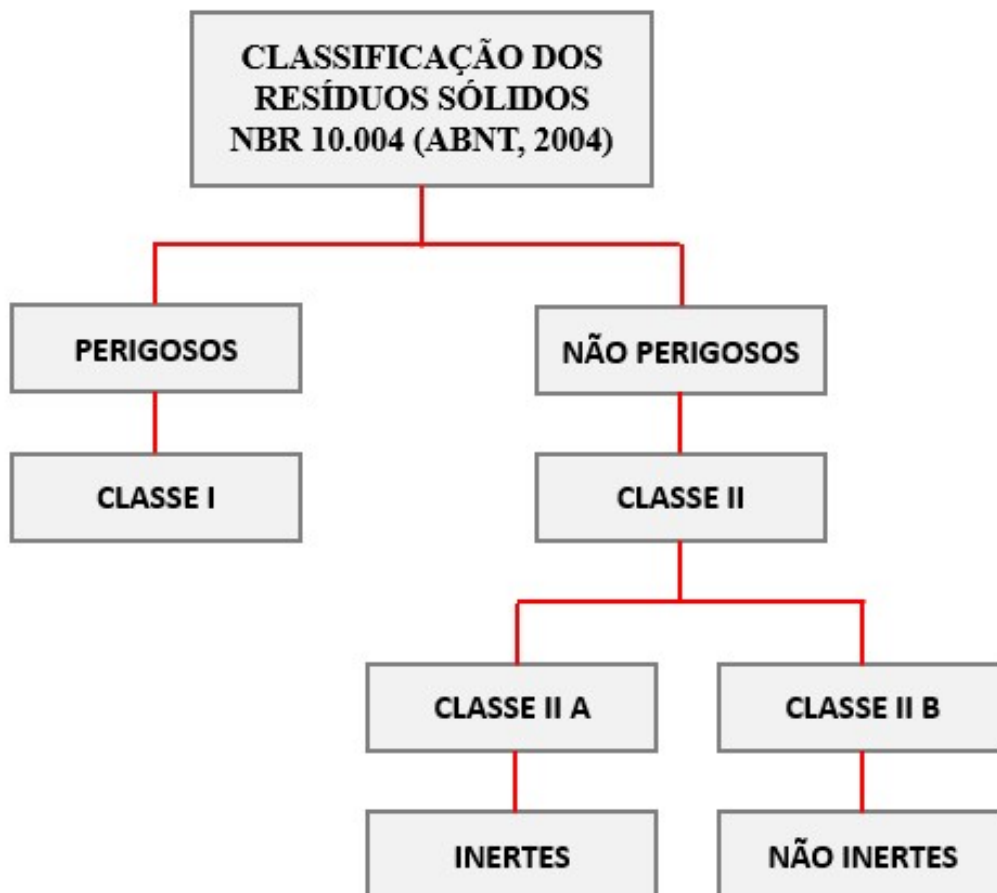
A NBR 10.004 (ABNT, 2004) Resíduos sólidos - Classificação que trata dos resíduos sólidos e suas classificações define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível.

Quanto à definição de resíduos sólidos, Lima (2001, p.12), define que resíduo “é tudo aquilo que não se quer mais e se joga fora, ou seja, coisas inúteis, velhas e sem valor.”. Já para Calderoni (2003, p.17), “o lixo, também chamado de rejeito, passa por um processo de exclusão: ele é, posto para fora de casa”. Já sob um ponto de vista econômico, resíduo é todo material que é desperdiçado pela sociedade humana.

A NBR 10.004 (ABNT, 2004) classifica os resíduos em 03 tipos, conforme ilustrado pela Figura 01.

Figura 01 – Classificação dos resíduos sólidos conforme NBR 10.004 (ABNT, 2004).



Fonte: AUTOR, 2021.

- Classe I - Resíduos Perigosos: São os resíduos tóxicos, radioativos, corrosivos e inflamáveis que oferecem riscos graves a saúde pública e ao meio ambiente;
- Classe II - Resíduos Não Perigosos: São divididos em resíduos inertes e resíduos não inertes:
 - a. Classe II A - Resíduos inertes: São resíduos que não sofrem alterações químicas, físicas ou biológicas sua composição e característica físico-química. Como entulhos.
 - b. Classe II B - Não Inertes: São os resíduos domiciliares, biodegradáveis e outros combustíveis que não apresentam periculosidade a saúde pública e ao meio ambiente.

A RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, estabelece ainda, a classificados os resíduos quanto ao tipo, origem, composição química e periculosidade, conforme Quadro 01.

Quadro 01 - Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a RESOLUÇÃO CONAMA nº 307.

Quanto ao tipo	Reciclável.	
	Não Reciclável ou Rejeito.	
Quanto a origem (PNRS, 2010)	Resíduos domiciliares.	
	Resíduos de limpeza urbana.	
	Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços.	
	Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico.	
	Resíduos industriais.	
	Resíduos de serviços de saúde.	
	Resíduos da construção civil.	
	Resíduos agrossilvopastoris.	
	Resíduos de serviços de transportes.	
	Resíduos de mineração.	
Quanto a composição química	Orgânicos	Poluentes Orgânicos Persistentes
		Poluentes Orgânicos Não Persistentes
	Inorgânicos.	
Quanto a periculosidade (ABNT NBR 10004, 2004)	Resíduos Perigosos (Classe I).	
	Resíduos Não Perigosos (Classe II)	Não Inertes (Classe II-A)
		Inertes (Classe II-B).

Fonte: BRASIL, 2002 (Adaptado)

A má destinação dos resíduos sólidos oriundos do dispêndio urbano pode gerar prejuízos irreparáveis, culminando na proliferação de insetos e animais causadores de muitas doenças, além de demasiados custos para a economia do país. De fato, isto se verifica. Onde

Neto (2007) afirma que o volume de resíduos gerados, das mais diversas naturezas, em áreas urbanas tem crescido, determinando um processo contínuo de deterioração socioambiental.

Segundo Neto (2007) a partir do uso de aterros sanitários, puderam-se empregar tecnologias apropriadas de forma a neutralizar fatores de poluição, desvantagens essas, originadas, da existência de resíduos, ou até mesmo de transformá-los em um fator de geração de renda como a produção de matéria prima secundaria.

2.1.1 Gerenciamento de resíduos sólidos

A gestão de resíduos sólidos é um conjunto de procedimentos, planos e atividades de implementação e gestão que visam reduzir a geração de resíduos e proporcionar destinos finais adequados para o recolhimento, acondicionamento e armazenamento, coleta e transporte e tratamento do lixo (ALMEIDA, 2015).

A Figura 02 ilustra um esquema ilustrativo de gerenciamento de resíduos sólidos.

Figura 02 - Esquema ilustrativo de gerenciamento de resíduos sólidos.



Fonte: SEBRAE, 2021.

Qualquer que seja a origem dos resíduos, é importante que eles passem por uma série de operações que envolvem o acondicionamento e armazenamento adequados para a destinação aos ambientais e sanitários adequados. Quando feitos de maneira correta, o

acondicionamento e armazenamento evitam a proliferação de vetores e odores além de não prejudicar a estética do ambiente (SEBRAE, 2021).

O método de acondicionamento deve obedecer às normas específicas, como o tipo de embalagem, a classificação dos resíduos por tipo de material, o tempo de deposição na calçada e a colocação de lixeiras coletivas em pontos estratégicos em locais onde não seja possível a circulação de veículos de coleta. Na maioria dos casos, é necessário armazenar o lixo em locais diferentes, e cada tipo de lixo requer instalações físicas específicas, principalmente em indústrias, grandes empresas e instituições médicas (ALMEIDA, 2015).

Diversos são os benefícios para a separação adequada do lixo, especialmente o lixo doméstico pois isso alivia os aterros sanitários, uma vez que, ao reciclar ou reaproveitar os resíduos diminui o volume no aterro.

Geralmente em centros urbanos a coleta e transporte do lixo é feita pelo próprio município em frequências adotadas de acordo com a realidade de cada local e levando-se em consideração o acúmulo de resíduos gerados. Esse planejamento da coleta (locais, horários, forma de coleta, meio de transporte) é importante para que não haja acúmulo excessivo do lixo (PACHECO et al., 2010).

A coleta pode ser realizada com segregação de materiais ou unificada. A coleta unificada é um modelo mais simplificado, de fácil gerenciamento e mais barata, portanto, é mais comum no Brasil.

Pode ainda ser utilizada a coleta com segregação ou coleta seletiva, que tem como objetivo a separação dos materiais, que é feita pela própria população e posteriormente destinados para os locais adequados de tratamento (reciclagem, usinas, aterros, sucateiros, etc.). A coleta com segregação tem como principal objetivo a reciclagem ou reutilização dos resíduos e diminuição de volume dos aterros (LANGE, 2008).

A Figura 03 ilustra um dos modelos mais comuns de coleta seletiva.

Figura 03 – Coleta seletiva.



Fonte: SEBRAE, 2021.

No esquema representado pela Figura 03 cada cor representa um tipo de material:

- Vermelho: Plástico;
- Azul: Papel ou Papelão;
- Verde: Vidro;
- Marrom: Orgânico;
- Amarelo: Metal.

Além disso ainda podem ser utilizadas outras cores como:

- Branco: Resíduos de serviço de saúde;
- Roxo: Resíduos radioativos;
- Cinza: Resíduos não especificados.

Já o transporte dos resíduos para os locais de destinação ou tratamento geralmente é feito pelos próprios veículos responsáveis pela coleta. Podem ainda existir veículos específicos conforme a necessidade de cada região ou tipo de material. Em alguns lugares são utilizados veículos compactadores durante a coleta unificada para diminuir o volume e aumentar a eficiência do transporte (LANGE, 2008).

É importante destacar, que esses veículos precisam ser devidamente higienizados e estanques para garantir que não haja proliferação de vetores.

2.2 LIXÃO

Pode-se definir como lixão uma grande área destinada a receber resíduos sólidos, sem qualquer preparação do local para o devido fim, sem que haja qualquer tipo de tratamento de efluentes gerados, tornando essa área, vetor de contaminação para o solo e para o lençol

freático. Nesse tipo de sistema o lixo fica exposto, sem dispositivos de proteção ao meio ambiente ou a saúde pública (LIMA, 2004).

Segundo Gonçalves (2003, p.19):

A produção de lixo é inevitável e inexorável. Todos os processos geram resíduos, desde o mais elementar processo de metabolismo de uma célula até o mais complexo processo de produção industrial. Por outro lado, a lata de lixo, não é um desintegrador de matéria. A humanidade vive em ciclos de desenvolvimento e neste momento estamos vivendo um ápice do desperdício e irresponsabilidade na extração dos recursos naturais esgotáveis.

A Figura 04 mostra uma estimativa de geração de resíduos Orgânicos e Recicláveis nos próximos 20 anos feita pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Figura 04 - Estimativa de geração de resíduos Orgânicos e Recicláveis nos próximos 20 anos.



Fonte: IBGE, 2010.

Através da problemática da grande geração de resíduos sólidos, a destinação dos resíduos gerados torna-se mais complexa, onde no Brasil, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, a geração de lixo avançou cinco vezes mais em relação ao crescimento populacional, no qual, em 1559 cidades brasileiras o lixão a céu aberto ainda é o único sistema de destinação de resíduos sólidos urbanos (LIMA, 2004).

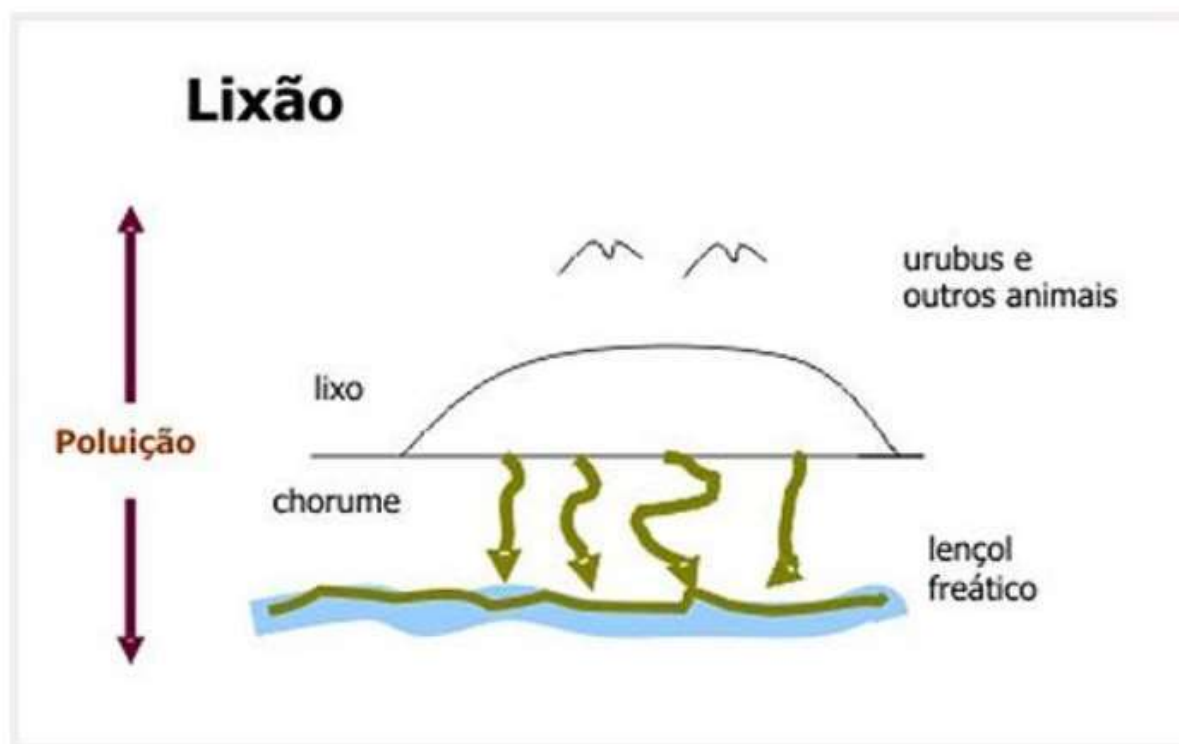
Além dos problemas ambientais citados, os lixões provocam problema sócio econômicos, através da degradação humana, pois atraem uma população de catadores, formada por pessoas carentes e desempregadas que não possuem perspectivas de renda, e ali

passam a se alimentar dos restos de alimentos encontrados nos resíduos, e das vendas de matérias recicláveis (IBGE, 2010).

No que se diz respeito ao aspecto econômico, o uso de recursos naturais provenientes da área para disposição de resíduos gera custos externos negativos, quase sempre ignorados, referentes à depreciação do local e seus arredores. O próprio caráter dessas externalidades promove, como consequência, dificuldades técnicas e institucionais de definição de direitos de propriedade, fazendo com que os custos envolvidos não abranjam o seu real valor econômico e social (MOTTA; SAYAGO, 1998).

A Figura 05 ilustra um esquema simplificado de um lixão.

Figura 05 – Lixão.



Fonte: CARVALHO, 2011.

No esquema demonstrado na Figura 05 é possível ver que no sistema de lixão não há nenhum tipo de proteção no solo para proteger o solo do líquido percolado proveniente da decomposição do lixo.

2.3 ATERRO SANITÁRIO

A norma que rege a instalação de um aterro sanitário é a ABNT NBR 8419:1992 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Procedimento, versão corrigida de 1996 que traz algumas limitações e predefinições acerca da construção de um aterro, onde de acordo com a norma da NBR 8419 (ABNT, 1992), um aterro sanitário tem por principal definição a seguinte:

Aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos consistem na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores se for necessário. BRASIL (1992, p. 62).

Dentre as características básicas de um aterro sanitário, estão:

Aterro sanitário é uma grande área de destinação dos RSU's, que diferentemente dos lixões, esses sim, possuem, todos os princípios de engenharia, de forma a armazenar e tratar os resíduos, e através das tecnologias empregadas são capazes de confinar, e reduzir o volume dos resíduos, além do controle e tratamento dos efluentes originados dos processos de decomposição da matéria orgânica, em que todos os processos são realizados de forma a manter todo o equilíbrio ambiental, além da preservação do meio ambiente e da vida humana, fortalecendo a concepção dada por Fiorillo (2011, p. 359), que diz que, “aterros sanitários são os locais especialmente concebidos para receber lixo e projetados de forma a que se reduza o perigo para a saúde pública e para a segurança”.

Para ser colocado em operação um aterro deve seguir uma série de normas, de forma a regulamentar e padronizar suas operações, onde são observados aspectos como (FIORILLO, 2011):

- Definição quanto ao tipo de técnica de operação;
- Preparação do terreno;
- Impermeabilização da base;
- Criação de dispositivos de drenagem de gases e do percolado;
- Criação de dispositivos de drenagem de águas pluviais;
- Infraestrutura Básica para recebimento do RSU's;
- Procedimentos de operações;
- Monitoramento ambiental dos processos;
- Manutenção do Sistema.

Além desses aspectos apresentados, devem ser previamente adotadas medidas de suma importância para a adequada operação, como a escolha da área a ser utilizada,

elaboração e aprovação do projeto de implantação e operação do aterro, obras de infraestrutura e drenagem do local escolhido além de ser necessária de que toda a documentação esteja de acordo com a NBR 8419 (ABNT, 1992), que dentre as definições básicas para operação básicas define que:

O aterro sanitário deve ser instalado a pelo menos 200 (duzentos) metros de cursos d'água, respeitar a distância de 1,5 metro entre a superfície de destinação e a camada de lençol freático e estar em área livre de inundações (LANGE, 2008).

A Figura 06 ilustra o funcionamento básico do aterro sanitário.

Figura 06 – Aterro sanitário.



Fonte: CARVALHO, 2011.

Diferente do sistema de lixão apresentado (Figura 05), a ilustração do aterro sanitário que representada pela Figura 06 mostra os cuidados tomados para a preservação do meio ambiente. Nesse caso foi feita uma proteção do solo com uma manta de PVC que impede que o chorume entre em contato com o solo podendo contaminar o lençol freático.

Além disso, é instalado também um sistema de drenagem para encaminhar o chorume para local de tratamento específico e sistema de captação e queima de gás metano.

2.4 PROCESSO DE DIGESTÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA

Durante o processo de tratamento dos resíduos ocorrem dois processos de digestão anaeróbia e aeróbia, que ocorre pela ação de microorganismos que tendem a transformar a matéria orgânica, em um gás, composto basicamente por CH₄, CO₂, N₂, H₂, O₂ e H₂S (NASCIMENTO FILHO,2002).

Nos processos anaeróbios a decomposição da matéria orgânica e/ou inorgânica é conseguida na ausência de oxigênio molecular. Sua principal aplicação está na digestão de certos despejos industriais de alta carga e lodos de esgotos concentrados. Os microorganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica são comumente divididos em dois grupos, sendo que cada grupo realiza as seguintes atividades:

- O primeiro hidroliza e fermenta compostos orgânicos complexos para ácidos orgânicos simples;
- O segundo converte os ácidos orgânicos simples em gás metano e gás carbônico (CAVALCANTI; MAZZER; 2004, p. 74).

Através dos processos de digestão anaeróbia são gerados os gases e líquidos provenientes da decomposição biológica, dentre os principais gases gerados está o metano, com potencial de aquecimento global 21 vezes maior que o dióxido de carbono, e de grande contribuição para o efeito estufa, além de sua alta combustão, sendo suscetível a explosões e incêndios. Sua quantidade pode variar de acordo com a quantidade de resíduos a sofrerem a decomposição (CAVALCANTI; MAZZER; 2004).

Nos aterros sanitários são aplicados sistemas de controle dos gases de modo a impedir a passagem dos mesmos pela cobertura dos resíduos (camada de solo), atingindo assim a atmosfera, onde o mal dimensionamento das camadas podem ocasionar sérios riscos para o meio ambiente. Por isso deve haver o controle em todo o processo de tratamento, sendo utilizadas placas de fluxo, para aferição empírica dos gases gerados (CARVALHO; LANZA, 2006).

2.4.1 Biogás

É um biocombustível obtido de forma natural ou artificial, constituído basicamente por uma mistura de hidrocarbonetos, como o CO₂ e o CH₄, a porcentagem restante é composta de CO₂, vapor de água e alguns gases traço. Originado pela ação de microorganismos bacteriológicos, que obedecem a critérios como: fermentação da massa,

temperatura, umidade, em que, a porcentagem de cada gás presente no Biogás, vai depender da matéria a ser digerida e a quantidade de biomassa (matéria orgânica) presentes no processo (CALDERONI, 2003).

Dando maior ênfase a sua definição, o Ministério de Minas e Energia (2008), define Biogás como sendo:

Um tipo de mistura gasosa de dióxido de carbono e metano, semelhante ao gás natural – mas com menor poder calorífero, produzido naturalmente em meio anaeróbico pela ação de bactérias em matérias orgânicas, que são 35 fermentadas dentro de determinados limites de temperatura, teor de umidade e acidez. Pode ser produzido artificialmente com o uso de um equipamento chamado biodigestor anaeróbico e utilizando dejetos animais como fonte.

O Quadro 02 demonstra a composição do biogás.

Quadro 02 - Composição do biogás

GASES	QUANTIDADE (%)
Metano	50 a 75
Dióxido de Carbono	25 a 40
Nitrogênio	0,5 a 2,5
Oxigênio	0,1 a 1
Sulfeto de Nitrogênio	0,1 a 0,5
Amoníaco	0,1 a 0,5
Monóxido de Carbono	0 a 0,1
Hidrogênio	1 a 3

Fonte: SILVA, 2009.

Segundo Silva (2009) o Biogás pode ser utilizado na geração de energia, onde o seu potencial energético pode ser obtido através da queima, que diferentemente dos combustíveis fósseis, é considerado menos poluente, vantagem essa de suma importância na preservação ambiental.

2.4.2 Potencial energético dos gases gerados

Estudos mostrados pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – UNEP, apresentam números surpreendentes no que diz respeito aos RSU's, com uma tonelada de resíduos sólidos urbanos depositados em aterros é possível gerar aproximadamente 160 a

250 m³ de biogás. Assim sendo, com uma tonelada de resíduo é possível produzir 88 a 138 m³ de metano, nota-se que, aproximadamente, 40 a 60 milhões de toneladas de metano podem ser gerados com o processo de tratamento nos aterros sanitários (FERNANDES, 2009).

Fernandes (2009) afirma ainda que a partir dos dados apontados emerge a importância do emprego desse potencial gerado a projetos que otimizam e dão melhor destinação ao Biogás, como o seu emprego, na geração de energia, que substituem os combustíveis fósseis, e na exploração de novas fontes de energias renováveis.

2.5 PROJETOS DE APROVEITAMENTO DO BIOGÁS

Com o aumento da população e o crescimento dos Resíduos gerados pelo consumo humano, deixa-se em foco a necessidade da criação de sistemas energéticos que tenham melhor aproveitamento dos efluentes (gases), na geração de energia, e que também obedçam a parâmetros como disponibilidade técnica e viabilidade econômica, além dos impactos que seu uso possa ocasionar ao meio ambiente Ribeiro et al. (2017, p. 1) afirma:

Através da captação do gás gerado no aterro sanitário, e posteriormente a sua queima, esse material pode ser empregado por meio de reação exotérmica, na geração de energia no próprio aterro ou para abastecer sistemas que demandem a utilização do biogás para o seu funcionamento, e através desse aproveitamento sustentável, é possível que ao mesmo tempo possa ser utilizado na produção de energia, e na redução da emissão de gases intensificadores do efeito estufa, papel desempenhado por projetos de aproveitamento do biogás.

2.5.1 Biogás para geração de vapor

Este tipo de sistema é muito utilizado em indústrias, que utilizam o Biogás, gerados pelo processo de digestão anaeróbica, na geração de vapor para as caldeiras, e com isso, obtém-se uma economia em óleo combustível, carvão mineral, carvão vegetal ou lenhas (OLIVEIRA, 2009).

O biogás utilizado na produção de vapor em vários segmentos da indústria é bastante difundido em outros países, com poucas restrições ao seu uso em relação a sua qualidade, tecnologia bastante promissora, necessitando somente de pequenas adaptações, como a

inserção de aço inoxidável para as chaminés ou queimadores de condensação (ZANETTE, 2009).

2.5.2 Biogás como combustível veicular

Nos últimos anos a demanda de veículos que utilizam o gás natural vem aumentando, especialmente na Europa, tornando cada vez maior a busca de dispositivos que suprem a demanda por gás natural, é o caso do Biogás gerado em aterros sanitários, que necessita de uma purificação para ser aplicado em veículos que utilizam o GNV (Gás Natural Veicular), nesse processo são retirados componentes como o gás sulfídrico que danificam o conjunto do motor do veículo, uma vez que após o processo, atingem um conteúdo de metano superior 95% em volume (OLIVEIRA, 2009).

O gás obtido após a purificação possui requisitos que o torna totalmente viável, demonstrando que as características dos veículos, não são limitantes ao seu uso, pelo contrário, o gás gerado posteriormente, assume exigências necessárias de utilização como: não possuírem partículas que danificam os veículos, alto poder calorífico, qualidade suficiente para uma direção segura, ou seja, possui uma qualidade declarada e assegurada, quanto a sua utilização (LIMA, 2004).

Essa é uma alternativa muito atraente, conforme afirmação de Zanette (2009), que enxerga várias vantagens no sistema, uma delas é que, a rede conecta os locais de produção há áreas mais populosas, permitindo assim que o gás alcance novos consumidores. Também é possível aumentar a produção em locais remotos aproveitando todo o gás produzido.

2.5.3 Utilização do Biogás na geração de energia elétrica

A aplicação do Biogás obtido, para a geração de energia elétrica requer a utilização de uma série de filtros, para se remover impurezas, que podem danificar os componentes do sistema de geração de energia elétrica, como componentes do motor de transformação ou turbinas, ocasionando a perda de rendimento do sistema (BARBOSA; MORAIS; RÚBIO, 2019).

Segundo Henriques (2004), as primeiras instalações para a geração de energia elétrica por biogás surgiram na Europa, Estados Unidos e Japão, na década de 80, na

atualidade o interesse por novas tecnologias de aproveitamento e maximização de processos, e redução aos impactos ambientais tornam-se interesses comuns da sociedade.

A conversão em energia elétrica pode começar assim que a rede coletora estiver conectada ao motor ou turbina, que deve ser adequado para o uso com gás de qualidade pobre de metano (biogás). Uma grande vantagem de projetos de aproveitamento do Biogás para a geração de energia elétrica, se dá pelo fato, de que conseguisse retirar gases a curto e médio prazo, visto que gases são produzidos por mais de dez anos, podendo utilizar-se de seu potencial energético de imediato (BARBOSA; MORAIS; RÚBIO, 2019).

Após a canalização e tratamento do biogás nos aterros sanitários o mesmo consegue de várias maneiras auxiliar diversos setores de aproveitamento de seu potencial energético. Uma planta típica para disponibilizar energia com motor a gás atinge potencial entre 350 e 1.200 kW por motor, no mercado existem várias tecnologias para a geração de energia elétrica utilizando-se do Biogás: motores de combustão interna, turbinas de combustão e turbinas a gás com utilização do vapor (ciclo combinado), existem também tecnologias emergentes como células de combustíveis que, ainda em fase de aperfeiçoamento, e considerada uma tecnologia promissora (HENRIQUES, 2004).

A Figura 07 representa um sistema típico de aproveitamento do gás do lixo para a geração de energia elétrica:

Figura 07 - Sistema de reaproveitamento do gás do lixo para a geração de energia elétrica.



Fonte: BUENO, 2008.

Diante do exposto, pode-se afirmar então que além das aplicações citadas o biogás gerado em aterros sanitários também é um combustível adequado para a geração de energia elétrica ou cogeração. Diversas tecnologias estão disponíveis, sendo as principais aplicações em geradores com combustão interna e as turbinas a gás (NETO, 2007).

O uso do biogás é considerado mais simples e com menos características de agressão ao meio ambiente comparado a outros processos de obtenção de potencial energético, pois além de ser totalmente limpo, o biogás é reutilizado, diminuindo os níveis gasosos na atmosfera (BARBOSA; MORAIS; RÚBIO, 2019).

Um sistema montado para o processo de aproveitamento do potencial energético gerado pelo Biogás, possui os seguintes componentes:

2.5.3.1 Tubos de coleta

Para a coleta existem duas configurações de sistemas de coleta: poços verticais e trincheiras horizontais. Para os dois tipos de configuração são usados no sistema de coleta, um conjunto de tubulação lateral, que são empregados para transportar o gás coletado até um coletor principal, adotando sistemas de monitoramento para o controle do fluxo de gás (ABNT, 1992).

Em aterros sanitários construídos conforme a norma nacional vigente já está prevista a colocação dessa tubulação para a coleta do gás (ABNT, 1992)

2.5.3.2 Sistema de tratamento de condensado

Um dos componentes importantes do sistema de coleta e o sistema de tratamento de condensado, que funciona como um sistema de resfriamento da tubulação de coleta, e no controle e desobstrução de materiais particulados e líquidos, para que o processo de recuperação de energia não seja interrompido.

São utilizados drenos verticais que são utilizados para permitir a drenagem em tanques ou armadilhas de coleta, e os métodos para a disposição do material retirado são: descarga no sistema público de esgoto, um sistema de tratamento local, e uma recirculação para o aterro sanitário, onde o melhor método a ser utilizado vai depender de aspectos como legislação e regulação local, custos de tratamento, e que se adéquem as necessidades do local (OLIVEIRA, 2009).

2.5.3.3 Compressor

A sucção do gás nos poços de coleta é realizado por um compressor, e também podem ser empregados na função de comprimir o gás antes de adentrar o sistema de recuperação de energia. A definição do seu tamanho, tipo e número de compressores necessários dependeram de fatores como: fluxo de gás, nível desejado de compressão, e do fluxo de gás a se gerar (ABNT, 2004).

2.5.3.4 Flare

Flare (palavra de origem inglesa que significa chama instável, na qual sujeita a variações bruscas de forma e intensidade). É um dispositivo utilizado na ignição e queima do biogás esse dispositivo pode ser necessário desde as primeiras etapas de coleta e tratamento do biogás até a fase de manutenção do sistema (BRASMETANO, 2009).

2.5.3.5 Sistema de tratamento de gás

Após o processo de coleta do Biogás, o mesmo passa por um processo de tratamento afim de remover algum condensado residual, impurezas e particulados que não foram removidos nos processos anteriores (ZANETTE, 2009).

2.6 EXEMPLOS DE PROJETOS DE APROVEITAMENTO DO BIOGAS NO BRASIL

O Estado do Ceará é o primeiro do Nordeste a produzir o gás natural e o projeto pretende incentivar a utilização de fontes alternativas de energia. Segundo a assessoria de comunicação do CONPAM, já existe um estudo que garante a viabilidade de captura do gás metano existente nos aterros de Caucaia, Maracanaú e Eusébio (LIMA, 2004).

Atualmente o maior projeto de geração de energia elétrica a partir do biogás está instalado no Aterro Bandeirantes em São Paulo, com capacidade instalada de 20MW.

O Aterro Bandeirantes em São Paulo, é um dos maiores do mundo nesse segmento, com capacidade para gerar energia para uma população de 400 mil habitantes durante dez anos. O Aterro Bandeirantes assinou um contrato de venda de certificados (créditos de

carbono) de um milhão de toneladas de carbono com o banco alemão KFW, o que deve render 24 milhões de euros (ZANETTE, 2009).

Outro exemplo é o aterro de São João, um dos maiores aterros do Brasil, localizado na região metropolitana de São Paulo. O objetivo do projeto é explorar o biogás produzido no aterro de São João, usando-o para gerar eletricidade. O aterro foi projetado de acordo com as práticas modernas e atualmente está classificado como 8,3 (de 0 a 10) de acordo com a avaliação do aterro da agência ambiental de São Paulo (FERNANDES, 2009).

Segundo Fernandes (2009) além da redução de emissões de metano, haverá também a produção de 20 MW de eletricidade a partir de fonte renovável. Outro exemplo de aterro bem-sucedido no Brasil é o de Nova Iguaçu, no Rio de Janeiro, sendo o primeiro no mundo a receber o aval da ONU para vender créditos de carbono ao Governo Holandês no valor de 8,5 milhões de Euros.

3 ATERRO SANITÁRIO MUNICIPAL DE ANÁPOLIS GO

Para apresentar os princípios básicos de funcionamento de um aterro sanitário, este capítulo demonstra o sistema de aterro sanitário municipal da cidade de Anápolis GO, apresentando a estrutura e componentes do aterro sanitário e sua rotina operacional.

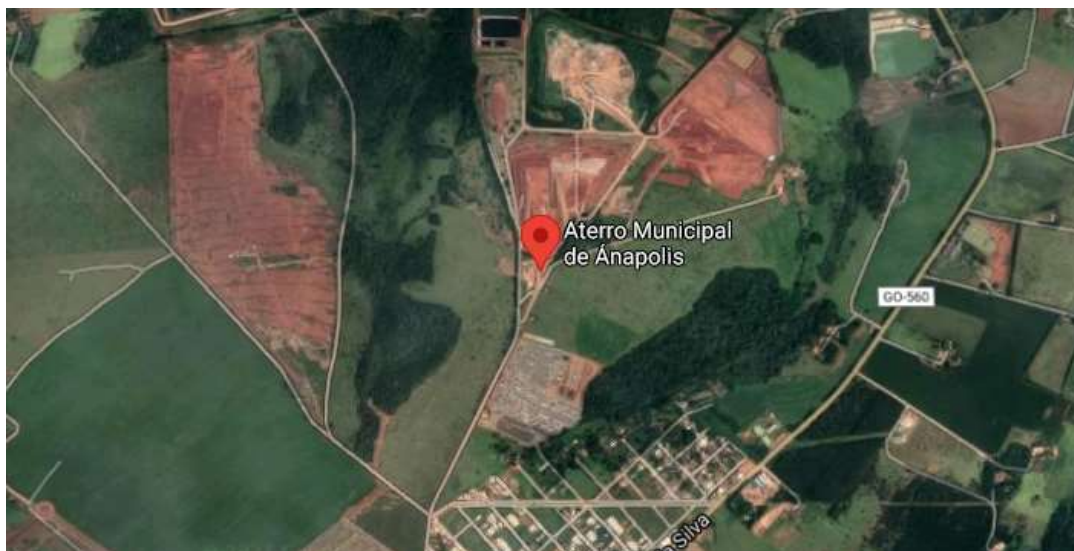
3.1 CARACTERÍSTICAS DO ATERRO

Construído no ano de 2000 o Aterro Sanitário Municipal de Anápolis se trata de um aterro sanitário controlado em que a principal característica é a proteção feita no solo para que o mesmo não receba os rejeitos provenientes do lixo e posteriormente a cobertura dos resíduos utilizando terra. Além disso, o aterro controlado é isolado da cidade e conta também com acesso restrito.

A localização do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis fica a cerca de 3 km de distância do centro da cidade na região noroeste, entre o Rio das Antas e a BR153.

A Figura 08 mostra a vista superior do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.

Figura 08 – Localização do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2021.

O local possui uma área total de aproximadamente 32 hectares fechada com cerca de arame farpado ou cerca viva composta de plantas como arvores Sabiá, Leucena, Eucalipto e

Sansão do Campo, que além de evitar a poluição visual do local contribuem para a inibição do mau cheiro.

3.2 INFRAESTRUTURA DO ATERRO SANITÁRIO MUNICIPAL DE ANÁPOLIS

Para seu funcionamento, o Aterro Sanitário Municipal de Anápolis conta com uma infraestrutura básica composta pela portaria, balança, sinalização, isolamento e cinturão verde, acessos, iluminação e comunicação, abastecimento de água, instalações de apoio operacional e instrumentos e monitoramento

3.2.1 Portaria

Na entrada do aterro foi construída uma portaria formada por uma guarita para controle do acesso local, com monitoramento constante recepcionando e controlando a entrada e saída de veículos e pessoas.

A Figura 09 ilustra a portaria do aterro.

Figura 09 – Portaria do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.



Fonte: AUTOR, 2021.

É possível observar na imagem que o local é fechado e para o acesso é preciso passar pela guarita, facilitando assim a gestão das entradas e saídas.

3.2.2 Balança

Após ser recepcionado na portaria, o veículo tem acesso a balança, onde acontece a pesagem para determinação do volume de resíduo recebido. Essa balança possui capacidade para até 30 toneladas.

A Figura 10 ilustra a balança do aterro para pesagem das cargas.

Figura 10 – Balança do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.



Fonte: AUTOR, 2021

Essa pesagem do material, é importante para ter conhecimento do volume diário de depósitos recebidos no local.

3.2.3 Sinalização

Ao longo do aterro existem diversas placas informativas, indicando o nome as unidades do aterro.

A Figura 11 ilustra algumas dessas sinalizações.

Figura 11 – Sinalização do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.



Fonte: AUTOR, 2021

Na Figura 09 apresentada anteriormente é possível ver também algumas placas informativas dispostas na portaria do aterro.

3.2.4 Isolamento e cinturão verde

Em todo o aterro foi feito o devido isolamento com cerca e cinturão verde composto de cerca viva composta de plantas como árvores Sabiá, Leucena, Eucalipto e Sansão do Campo no perímetro do aterro.

3.2.5 Acessos

Ao longo do aterro possuem ruas de acessos à pessoas e veículos, como pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 – Ruas de acesso dentro do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.



Fonte: AUTOR, 2021.

3.2.6 Iluminação, comunicação e água

O local também está equipado com iluminação adequado (que pode ser usado à noite, se necessário) e conexões de rede de telefone, celular ou rádio para melhor comunicar-se com os trabalhadores ou terceiros qualificados.

Além de abastecimento de água potável para o consumo humano e água própria para as demais instalações.

3.2.7 Instalações de apoio operacional e monitoramento

O aterro sanitário conta também com uma estrutura para administração com todas as instalações de apoio operacional necessárias para o funcionamento do aterro como escritório administrativo, refeitórios, sanitários, etc.

Além disso, o local possui também instrumentos de monitoramento das atividades do aterro como equipamentos de medição da vazão e recalques e monitoramento do solo.

3.3 ROTINA OPERACIONAL DO ATERRO SANITÁRIO MUNICIPAL DE ANÁPOLIS

Primeiramente é preciso dizer que para o funcionamento o aterro sanitário precisa atender aos quesitos de infraestrutura citados na seção anterior. A rotina operacional do aterro precisa ser planejada para que seja eficiente e com o mínimo de impacto ao meio ambiente.

Para isso o aterro sanitário precisa implantar alguns cuidados especiais de proteção ao meio ambiente e locais específicos para tratamento dos resíduos conforme o aplicado ao Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.

A rotina operacional do Aterro Sanitário Anápolis foi estabelecida para atender aos requisitos da NBR 8419 (ABNT, 1992) para que o funcionamento do aterro como local de destinação final e adequada de lixo, ambientalmente segura seja assegurada. Para isso antes de entrar em operação, o aterro sanitário foi devidamente preparado:

Primeiramente foi construído na base do aterro um sistema de drenagem de chorume, composto de um sistema de drenagem que tem como objetivo coletar o líquido percolado (chorume) e conduzir até o local adequado, a fim de diminuir as pressões internas.

Após a execução da drenagem, a base foi coberta com uma camada de lona resistente (polietileno de alta densidade) para evitar o vazamento de líquido percolado para o solo. Essa

camada de lona é colocada sobre uma camada de solo devidamente nivelado e compactado. Após a colocação da lona, é colocada uma camada de terra por cima.

A Figura 11 ilustra a preparação de uma baía para destinação de resíduos, na imagem é possível verificar a colocação do polietileno de alta densidade (lona) após a execução da drenagem.

Figura 13 – Preparação do ambiente para destinação dos resíduos



Fonte: AUTOR, 2020.

O aterro conta ainda com a drenagem dos gases para a coleta do biogás até a atmosfera, para futuramente ser aproveitado.

3.3.1 Recebimento dos resíduos

O recebimento dos resíduos acontece na guarita demonstrada na Figura 09, onde é realizada uma inspeção preliminar do veículo. Nesse momento o profissional balanceiro identifica o veículo e o tipo de resíduo coletado e o encaminha para a balança demonstrada na Figura 10 para a pesagem.

Após esse processo, o balanceiro orienta o motorista quanto ao local que será destinado o lixo, que já foi previamente demarcado e identificado.

A Figura 14 ilustra o momento em que um veículo coletor de resíduos urbanos chega na guarita para pesagem e entrega de material.

Figura 14 – Chagada do veículo coletor de resíduos urbanos na guarita.



Fonte: AUTOR, 2021.

3.3.2 Disposição dos resíduos

O local para disposição dos resíduos é demarcado com antecedência pela equipe do aterro, seja um técnico devidamente especializado para tal, ou um topógrafo. Essa demarcação permite o controle de manipulação dos resíduos tornando o manuseio mais prático.

Na Figura 15 é possível ver a demarcação da disposição dos resíduos.

Figura 15 - Disposição dos resíduos.



Fonte: AUTOR, 2021.

3.3.3 Descarga e compactação dos resíduos

A etapa de descarga e compactação dos resíduos é dividida em 02 estágios. Após ser direcionado ao local demarcado o caminhão coletor descarrega o lixo empilhado no chão.

A Figura 16 ilustra o caminhão descarregando o lixo no local.

Figura 16 – Descarga de resíduos sólidos



Fonte: AUTOR, 2021.

Após a descarga, o lixo é espalhado e compactado utilizando um trator de esteira. A compactação é realizada através de movimentos de vai e vem do trator. Quando o volume de lixo é muito alto, o aterro utiliza mais de um trator de esteira para agilizar o processo.

A Figura 17 ilustra o espalhamento e compactação de resíduos utilizando 03 tratores de esteira.

Figura 17 - Espalhamento e compactação de resíduos.



Fonte: AUTOR, 2021.

3.3.4 Recobrimento dos resíduos compactados

Depois que o lixo é espalhado e compactado o trator de esteira recobre a camada de lixo com uma camada de terra, conforme ilustrado na Figura 18.

Figura 18 - Recobrimento dos resíduos compactados.



Fonte: AUTOR, 2021.

Quando necessário é feito um retoque na camada de terra com uma outra camada de espessura de 15 a 20 cm. Para finalizar, é feita uma cobertura final com solo argiloso com 60

cm de espessura compactado, e em seguida feito o plantio de grama no local para proteger da ação de intempéries.

3.3.5 Tratamento do chorume

Através do sistema de drenagem construído na base do aterro, o chorume proveniente da decomposição da matéria orgânica é transportado para as lagoas de tratamento de chorume, que fazem o tratamento dos efluentes através das lagoas anaeróbias e lagoas facultativas.

As lagoas anaeróbias se tratam de um sistema de tratamento dos efluentes por processo biológico onde a estabilização da matéria orgânica é feita através do processo de fermentação anaeróbia abaixo da superfície, uma vez que, não existe oxigênio dissolvido nesse processo.

A Figura 19 mostra a lagoa anaeróbia do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.

Figura 19 - Lagoa anaeróbia do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.



Fonte: AUTOR, 2021.

Já na lagoa facultativa o tratamento dos efluentes por processo biológico a estabilização da matéria orgânica acontece em duas etapas simultâneas, através do processo de fermentação anaeróbia abaixo da superfície e através do processo aeróbia na superfície da lagoa.

A Figura 20 ilustra a lagoa facultativa do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.

Figura 20 - Lagoa facultativa do Aterro Sanitário Municipal de Anápolis.



Fonte: AUTOR, 2021.

3.3.6 Tratamento do biogás

Além do tratamento do chorume, o Aterro Sanitário Municipal de Anápolis faz a queima do biogás para transformar o metano em dióxido de carbono e vapor d'água.

A Figura 21 ilustra o processo de queima do biogás.

Figura 21 – Queima do biogás.



Fonte: AUTOR, 2021.

Para dar melhor destinação aos resíduos urbanos produzidos, a fim de que sejam evitados os efeitos negativos que eles podem ter no meio ambiente, surgiram com papel fundamental os aterros sanitários, que são regulamentados por meio da NBR 10.004 (ABNT, 2004), que trata dos resíduos sólidos e suas classificações.

A partir do que foi apresentado, percebeu-se que o Aterro Sanitário Municipal de Anápolis buscou implantar as diretrizes na norma, buscando diminuir o impacto ambiental.

Além disso, fica claro através da pesquisa e estudo a que se desenvolveu esse trabalho, a viabilidade do sistema de reaproveitamento dos gases provenientes de aterros sanitários na geração de energia, correspondendo positivamente à aspectos econômicos, técnicos e ambientais quanto a sua aplicação e operação.

Por fim, é importante ressaltar que a mera destinação de áreas para disposição final não resolverá o problema de destinação indevida dos resíduos sólidos. Além do trabalho de engenharia, um sistema integrado de gestão de resíduos sólidos também é necessário, programas de reeducação, conscientização para redução da geração de resíduos na fonte, reaproveitamento, coleta seletiva, reciclagem e compostagem reduzirão} pela metade a quantidade de resíduos.

Este é um conjunto de ações, considerando a relação mútua entre elas, a gestão dos resíduos domésticos só pode ser vista desta forma. Durante o seu processo de planejamento, deve-se observar que é consistente com situações de emergência na gestão do ambiente de pesquisas a fim de promover a sustentabilidade.

4 CONCLUSÃO

A partir das informações repassadas ao longo do desenvolvimento desse trabalho, notou-se que a sociedade e órgãos competentes, enfrentam um desafio quanto a problemática da geração de Resíduos sólidos urbanos, que se dá pelo aumento da população, e a alta das atividades industriais, sendo evidenciado o papel fundamental dos aterros sanitários quanto a destinação e tratamento correto dos resíduos gerados, salientando a diferença entre aterro sanitário e lixão, e dos problemas causados pelo incorreto descarte dos resíduos.

Foram apresentados aqui alguns aspectos básicos de funcionamento de um aterro sanitário, as normas que os regem e medidas adotadas na escolha da área e aprovação do projeto para instalação de um aterro, ficou claro também sobre os processos de digestão da matéria que dão origem ao Biogás, gás esse que deve ser controlado por sistema de tratamento a fim de se evitar contaminação do ar.

Na sequência, conhecendo a capacidade de produção do biogás, e o seu potencial energético tornasse claro a necessidade da criação de sistemas aptos a captarem e dar melhor destinação a essa produção, dando ênfase a projetos que supram as necessidades da sociedade, e mantenham o foco na conservação do meio ambiente. O biogás gerado pode ser usado com as mesmas aplicações a que tem o gás natural, como a produção de vapor para caldeiras, combustível veicular além de sua aplicação na geração de energia elétrica, sendo necessário o uso de equipamentos específicos, e tratamento adequado conforme a sua necessidade de aplicação.

Por meio deste trabalho evidenciou-se da melhor maneira alguns projetos que levam em conta fatores aqui apresentados, como a redução de gases que contribuem com efeito estufa, e a melhor destinação de efluentes (gases) para a geração de energia, dando um foco maior, no emprego do potencial energético gerado, para a produção de energia elétrica, expondo um sistema típico de aproveitamento do Biogás para a geração de energia elétrica.

Por meio da demonstração da metodologia utilizada no Aterro Sanitário Municipal de Anápolis é possível perceber que existem meios corretos e nocivos ao meio ambiente para coleta, transporte, manuseio, e tratamento final dos resíduos sólidos urbanos.

É possível desenvolver projetos que visam esse tipo de prática, especialmente levando-se em consideração o aumento da produção de lixo especialmente em cidades com uma quantidade considerável de habitantes, como é o caso de Anápolis.

4.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Levantamento de depósitos de lixo irregulares na cidade de Anápolis GO.
- Estudo de medidas para a redução da geração de resíduos em Anápolis GO.
- Projeto de viabilidade do reaproveitamento do biogás produzido no Aterro Sanitário Municipal de Anápolis para utilização de energia elétrica para famílias carentes no município.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.
- ALMEIDA, Ana Carla. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente. 2015. Disponível em: <http://protegeer.gov.br/images/documents/51/8.%20MMA,%202014.pdf>. Acesso em: 28/04/2021.
- BARBOSA, Leonardo Carvalho; MORAIS, Wilker Alves; RÚBIO, José Aurélio Vazquez. **Manual de Estudo: Estudo Gravimétrico de Resíduos Sólidos Recicláveis**. Rio Verde - 2019.
- BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 29/01/2021.
- BUENO, Chris. **O lixo da energia e a energia do lixo: problemas e soluções**. Revista Com Ciência: São Paulo, 2008.
- BRASMETANO. **Conjunto motogerador para biogás de aterro e créditos de carbono: landbox** 2009. São Paulo, 2009. Disponível em: http://www.brasmetano.com.br/equipamentos/geradores_energina_biogas.php?lang=ptbr. Acesso em: 1 ago. 2009.
- CALDERONI, Sabetai. **Os Bilhões Perdidos no Lixo**. Universidade de Michigan. 4º ed. Humanitas, 2003.
- CAVALCANTI, O; MAZZER, C. **A Introdução à gestão ambiental de resíduos**. Infarma – Informativo Profissional do Conselho Federal de Farmácia: Brasília, 2004.
- CARVALHO, A. L; LANZA, V. C. V. **Orientações Básicas para a operação de aterro sanitário**. Fundação Estadual do Meio Ambiente–Belo Horizonte, FEAM, 2006.
- CARVALHO, Márcia Martins da Cunha. **Análise Ambiental do Aterro Sanitário do Município de Anápolis Estado de Goiás**. Dissertação. Unievangelica: Anápolis, 2011.
- FERNANDES, J. G. **Estudo da emissão de biogás em um aterro sanitário experimental**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. – 2009.
- FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. **Curso de Direito Ambiental brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2011.

GONÇALVES, Pólita. **A Reciclagem Integradora dos Aspectos Ambientais, Sociais e Econômico**. Rio de Janeiro: DP&A, Fase, 2003.

GOOGLE EARTH. **Aterro Sanitário Municipal de Anápolis**. 2021. Disponível em: [https://earth.google.com/web/search/aterro+sanit%C3%A1rio+de+An%C3%A1polis/@-16.2929459,-](https://earth.google.com/web/search/aterro+sanit%C3%A1rio+de+An%C3%A1polis/@-16.2929459,-48.8950411,1007.4466312a,1009.2289481d,35y,0h,45t,0r/data=CokBG18SWQolMHg5MzVlYTVlZjUzNTg5MjViOjB4ODljODY2ZmU3MzkyNDY1ZBIO_6OA_kowwCG2ie60kHJIwCoeYXRlcnJvIHhnbml0w6FyaW8gZGUgQW7DoXBvbGlzGAIgASImCiQJvqistSxHNEARvqistSxHNMAZBG6700t0SUAhAW6700t0ScAoAg)

[48.8950411,1007.4466312a,1009.2289481d,35y,0h,45t,0r/data=CokBG18SWQolMHg5MzVlYTVlZjUzNTg5MjViOjB4ODljODY2ZmU3MzkyNDY1ZBIO_6OA_kowwCG2ie60kHJIwCoeYXRlcnJvIHhnbml0w6FyaW8gZGUgQW7DoXBvbGlzGAIgASImCiQJvqistSxHNEARvqistSxHNMAZBG6700t0SUAhAW6700t0ScAoAg](https://earth.google.com/web/search/aterro+sanit%C3%A1rio+de+An%C3%A1polis/@-16.2929459,-48.8950411,1007.4466312a,1009.2289481d,35y,0h,45t,0r/data=CokBG18SWQolMHg5MzVlYTVlZjUzNTg5MjViOjB4ODljODY2ZmU3MzkyNDY1ZBIO_6OA_kowwCG2ie60kHJIwCoeYXRlcnJvIHhnbml0w6FyaW8gZGUgQW7DoXBvbGlzGAIgASImCiQJvqistSxHNEARvqistSxHNMAZBG6700t0SUAhAW6700t0ScAoAg). Acesso em: 01/05/2021.

HENRIQUES, Rachel Martins. **Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Abordagem Tecnológica**. Tese (Pós-Graduação de Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. São Paulo, 2010.

LANGE, L. C et al. **Resíduos Sólidos: Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários**. Belo Horizonte: ReCESA, 2008.

LIMA, J. D., *Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil*; Rio de Janeiro, RJ: ABES, 2001.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: Tratamento e Biomerremediação**. 3 ed. São Paulo: Hemus, 2004.

MME - **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**. Levantamento do potencial de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento de dejetos animais no Brasil. Brasília: 2008.

MOTTA, R.S.; SAYAGO, D.E. **Propostas de Instrumentos Econômicos ambientais para a redução do lixo urbano e reaproveitamento de sucatas no Brasil**. Texto para discussão nº 608. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Rio de Janeiro. 1998.

NASCIMENTO FILHO, I. **Estudo de Compostos Orgânicos em Lixiviado de Aterro Sanitário**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS: Porto Alegre, 2002.

NETO, João Tinoco Pereira. **Manual de Compostagem: Processo de Baixo Custo**. UFV: Viçosa, 2007.

OLIVEIRA, Maxuel Cirilo de. *Caracterização gravimétrica e quantificação dos resíduos de serviços de saúde e potencialmente infectantes presentes nos resíduos sólidos domiciliares de Campo Mourão - PR*. Trabalho de Conclusão de Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2009.

PACHECO, E. B. V. et al. **Meio Ambiente, Poluição e Reciclagem**. 2 ed. Edgard Blucher: São Paulo, 2010.

PHILIPPI JUNIOR, A. **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável**. 2 ed. São Paulo: Manole, 2010.

RIBEIRO, Camilo Bastos; et al. Digestão Anaeróbia De Resíduos Alimentares Utilizando Ensaio BMP. 2017. Artigo. Revista Biofix Scientific Journal, 2017.

SEBRAE. Como implementar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) em sua empresa. 2021. Disponível em: http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%B5es/NIS_1_Como%20fazer%20PGRS%20em%20empresas.pdf. Acesso em: 26/04/2021.

SILVA, W. R. Estudo cinético do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos vegetais. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba. 2009.

ZANETTE, A. L. **Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil.** 2009. Dissertação - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.