



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL E ANÁLISE SWOT DA CENTRAL DE
TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE BELO HORIZONTE-MG

MARCOS VINÍCIOS OLIVEIRA SENA

BELO HORIZONTE

2019

MARCOS VINICIOS OLIVEIRA SENA

ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL E ANÁLISE SWOT DA CENTRAL DE
TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE BELO HORIZONTE-MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas
Gerais como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof^a Dr^a Valéria Cristina Palmeira Zago
Coorientador: Prof. Dr. Cícero Antônio Antunes Catapreta

BELO HORIZONTE

2019

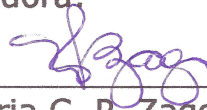
MARCOS VINICIOS OLIVEIRA SENA

ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL E ANÁLISE SWOT DA CENTRAL
DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE BELO HORIZONTE-MG

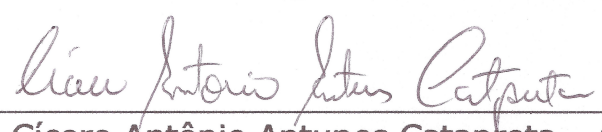
Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais
como requisito parcial para obtenção
do título de Engenheiro Ambiental e
Sanitarista.

Data de aprovação: 05/12/2019

Banca Examinadora:



Profª. Drª. Valéria C. P. Zago – Presidente/Orientadora- CEFET-MG



Prof. Dr. Cícero Antônio Antunes Catapreta – Coorientador – SLU-BH



Prof. Drª. Gisele Vidal Vimieiro – CEFET- MG



Dr. Pedro Gasparini Barbosa Heller – SLU-BH

RESUMO

SENA, Marcos Vinícios Oliveira. Índice de qualidade ambiental e análise SWOT da central de tratamento de resíduos sólidos de Belo Horizonte-MG. 2019. 74 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

Com o grande crescimento da população, juntamente com a industrialização e o avanço da tecnologia nos últimos séculos, houve um grande aumento na produção de resíduos no mundo. Em função a elevada geração e à má gestão pública dos resíduos sólidos, vem ocorrendo a aceleração dos processos de degradação ambiental. A disposição final dos resíduos sólidos é de extrema importância ecológica, já que o mesmo engloba aspectos econômicos, sanitários e de saúde pública. No Brasil, cerca de 59,1% dos resíduos coletados, ou seja, aproximadamente 42,3 milhões de toneladas, foram destinados aos aterros sanitários. Infelizmente, 41,6 %, correspondendo a 29,2 milhões de toneladas de resíduos ainda são dispostos em locais inadequados, como lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2018). Atualmente, pela legislação brasileira, o aterro sanitário é a alternativa adequada para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos. O presente trabalho aborda a aplicação do IQR/IQC e análise SWOT na CTRS de Belo Horizonte-MG. O setor de compostagem de Belo Horizonte foi classificado em “condições adequadas”, já o aterro sanitário foi classificado como “em condições controladas”. Com a associação da metodologia do IQR/IQC e análise SOWT pode-se identificar as fragilidades e as potencialidades da área de estudo, sendo vislumbrado cenários para melhorias nas funcionalidades de vários setores do aterro, fortalecimento das atividades de educação ambiental, melhoria da qualidade do composto orgânico e sua comercialização, além da implantação de um parque ecológico e de uma usina de painéis fotovoltaicos.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos, Aterro Sanitário, Índice de Qualidade, Análise SWOT.

ABSTRACT

SENA, Marcos Vinicios Oliveira. *Environmental quality index and SWOT analysis of the solid waste treatment plant of Belo Horizonte-MG*. 2019. 74 f. Monograph (Undergraduate in Environmental and Sanitary Engineering) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

With the big growth of the population along with the industrialization and technology advancement in the last centuries there was a large increase of the waste of production in the world. According to this growth and the poor public management of solid wastes, there has been an acceleration of the processes of environmental degradation. The final destination of solid waste is an extreme ecological importance, as it encompasses economic, sanitary and public health aspects. In Brazil, about 59.1% of waste collected, approximately 42.3 million tons was destined to landfills. Unfortunately, 41.6% corresponding to 29.2 million tons of waste are still destined to inappropriate places such as dumps and controlled landfills. Currently by the Brazilian legislation, the landfill is the appropriate alternative for the final disposal of urban solid waste. This paper discusses the application of IQR / IQC and SWOT analysis in the CTRS of Belo Horizonte/MG. The composting sector was classified as “appropriate conditions” while the Belo Horizonte landfill was classified as “under controlled conditions”. With the association of the IQR / IQC methodology and SWOT analysis, it is possible to identify the weaknesses and the potentialities of the study area, and envision scenarios for improvements in the functionality of various landfill sectors, strengthening of environmental education activities, improvement of the quality of organic compost and its commercialization have been envisioned, besides the implantation of an ecological park and a photovoltaic panel’s plant.

Keywords: Solid Waste, Landfill, Quality Score, Swot Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Caracterização da degradação social e ambiental pelo vazadouro a céu aberto	23
Figura 2- Esquema das características de um aterro controlado.....	24
Figura 3- Esquema das características de um aterro sanitário	25
Figura 4- Método de Trincheira.....	29
Figura 5- Método das áreas.....	30
Figura 6- Sistema de drenagem de lixiviado em aterro sanitário	32
Figura 7- Detalhamento dos drenos de gás em aterro sanitário	33
Figura 8 - Complexo do parque Ariel Sharon em 2018.....	35
Figura 9 - Complexo do Trashmore Park	35
Figura 10 - Instalações solares no aterro Pennsauken	36
Figura 11 - Sistema fotovoltaico de inclinação fixa no aterro em Fort Cason, Colorado.	36
Figura 12- Matriz SWOT Análise Interna e Externa.....	38
Figura 13 - Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTRS BR040)	39
Figura 14 - Mapa geológico regional onde se encontra a área do Aterro Sanitário.	40
Figura 15- Separação celular do aterro sanitário, dividida de AC-01 até AC-05 e Célula Emergencial.....	41
Figura 16 - Isolamento por muro de placas da CTRS BR040	45
Figura 17 - Portarias do CTRS BR040	46

Figura 18 - Presença de animais na CTRS BR040	46
Figura 19 - Sistema de Drenagem danificados na CTRS BR040	48
Figura 20 - Vertedouro e tanques de líquido percolado da CTRS BR040	48 49
Figura 21 - Poços de gás danificados da CTRS BR040	49 50
Figura 22 - Coleta de água superficial em um dos pontos de monitoramento da CTRS BR040	50 51
Figura 23 - Detalhe do Piezômetro instalado	50 51
Figura 24 - Medidores de Recalque	51 52
Figura 25- Cobertura Vegetal da CTRS BR040	52 53
Figura 26 - Caixa coletora de percolado e pátio de compostagem	54 55
Figura 27 - Galpão da compostagem da CTRS BR040	55 56

LISTA DE TABELA

Tabela 1- Classificação dos Impactos Ambientais	19
Tabela 2- Conteúdo do projeto executivo de aterro sanitário	27
Tabela 3 Classificação do local de estudo por meio do cálculo do IQR	42
Tabela 4 Classificação do local de estudo por meio do cálculo do IQC	43
Tabela 5 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados a característica da área do aterro da BR040, Belo Horizonte-MG.....	45
Tabela 6 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados às estruturas de apoio e outras informações do aterro da BR040, Belo Horizonte-MG.....	47
Tabela 7 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados estruturas de proteção ambiental do aterro da BR040, Belo Horizonte-MG.....	5152
Tabela 8 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados superfície superior e taludes e bermas do aterro da BR040, Belo Horizonte-MG	5354
Tabela 9 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados a característica do local da usina de compostagem da BR040, Belo Horizonte-MG	5455
Tabela 10 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados infraestrutura implantada da usina de compostagem da BR040, Belo Horizonte-MG	5657
Tabela 11 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados a condições operacionais da usina de compostagem da BR040, Belo Horizonte-MG	5859
Tabela 12 Relação das Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças (SWOT)	6061

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.	OBJETIVOS.....	13
2.1.	Objetivo Geral.....	13
2.2.	Objetivos Específicos	13
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1.	Conceito de Resíduos Sólidos.....	14
3.2.	Classificação dos Resíduos	15
3.2.1.	Quanto à origem.....	15
3.2.2.	Periculosidade	17
3.3.	Impactos Socioambientais	18
3.4.	Tratamento e Destinação dos RS	19
3.4.1.	Reciclagem.....	21
3.4.2.	Incineração	21
3.4.3.	Compostagem.....	21
3.4.4.	Disposição em solo inadequada	22
3.4.4.1.	Lixão ou Vazadouro a Céu Aberto	22
3.4.4.2.	Aterro Controlado	23
3.4.5.	Disposição final adequada	24
3.5.	Aterro Sanitário.....	25

3.5.1.	Seleção do local para implantação de um aterro sanitário	25
3.5.2.	Projeto e implantação de um aterro sanitário	26
3.5.3.	Métodos de execução	28
3.5.3.1.	Método da trincheira	28
3.5.3.2.	Método da Área ou de Superfície	29
3.5.4.	Sistemas de impermeabilização	30
3.5.5.	Sistema de drenagem de águas pluviais	30
3.5.6.	Sistema de drenagem de líquidos lixiviados	31
3.5.7.	Sistema de drenagem de gases	32
3.5.8.	Monitoramento do Aterro Sanitário	33
3.5.9.	Plano de Fechamento do Aterro	34
3.6.	Índice de qualidade ambiental aplicados a aterro sanitário	37
3.7.	Análise SWOT	37
4.	METODOLOGIA	39
4.1.	Área de Estudo	39
4.2.	Aplicação do Índice de Qualidade Ambiental	41
4.2.1.	Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos	41
4.2.2.	Índice de Qualidade de Usinas de compostagem	42
4.3.	Aplicação da matriz SWOT	43
5.	RESULTADO E DISCUSSÕES	45

5.1.	Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR)	45
5.1.1.	Estruturas de apoio/Outras informações	45
5.1.2.	Estruturas de proteção ambiental	47
5.1.3.	Taludes e bermas/Superfície superior	52 53
5.2.	Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem IQC.....	53 54
5.2.1.	Característica do local	53 54
5.2.2.	Infraestrutura Implantada	54 55
5.2.3.	Condições Operacionais.....	56 57
5.3.	Análise SWOT	60 61
6.	CONCLUSÕES	65
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
8.	APÊNDICE	72

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população, tecnologia e industrialização, desde o século XX, ocorreu um amplo aumento na produção de resíduos no mundo. Em função desse aumento e da má gestão pública, houve uma aceleração dos processos de degradação ambiental, colocando em risco a qualidade de vida do homem.

O destino final dos resíduos sólidos é de extrema importância ecológica, já que o mesmo envolve aspectos sanitários e de saúde pública. Tal levantamento tem sido bastante discutido atualmente no cenário mundial, inclusive no Brasil, sendo um desafio ao poder público solucionar problemas de destinação de resíduos sólidos da maneira mais sustentável e economicamente viável possível.

Atualmente no Brasil, os resíduos sólidos urbanos são dispostos em aterros sanitários, aterros controlados e lixões, sendo esses dois últimos desprovidos de planejamento e adequação às normas técnicas, comprometendo a qualidade do ar, solo, águas superficiais e subterrâneas, sendo um problema de gestão pública, com reflexos ambientais e sociais.

Segundo o levantamento realizado pelo Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2018), em 2017 cerca de 59,1% de resíduos coletados, aproximadamente 42,3 milhões de toneladas, foram destinados aos aterros sanitários e 29,2 milhões de toneladas de resíduos, correspondente a 41,6% do coletado, destinados em locais inadequados como lixões e aterros controlados. De acordo com o Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento (SNIS), em 2017, aproximadamente 28,8 % dos resíduos urbanos coletados na região Nordeste do país foram destinados aos lixões. Isso mostra que, uma imensa quantidade de resíduos ainda é destinada de modo inadequado e, conseqüentemente, degradando o meio ambiente.

O gerenciamento de resíduos deve ser de forma integrada, articulando ações normativas, operacionais, financeiras e planejamento de uma administração municipal, sustentado em critérios sanitários, ambientais e econômicos, visando o acompanhamento de todo o processo, desde a geração até a destinação final (SÃO PAULO, 2013).

Para Ornelas (2011), o crescimento populacional tem relação com o aumento expressivo na geração de resíduos sólidos, sendo um desafio para a sociedade moderna tal crescimento e a destinação final adequada para os resíduos. Em países subdesenvolvidos, como o Brasil, a problemática dos resíduos sólidos é ainda preocupante devido à urbanização acelerada, consequentemente, a falta de infraestrutura nas cidades.

A Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (CETESB) desenvolveu um instrumento técnico, denominado Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR), o qual permite avaliar as condições gerais do sistema de destinação final de resíduos, desde a escolha do local até suas condições técnicas operacionais. O IQR, desenvolvido pela CETESB, avalia e pontua anualmente, desde 1997, a disposição de resíduos sólidos domésticos no Estado de São Paulo (CETESB 2017). Em 2017, segundo a CETESB, cerca de 3,9% dos aterros sanitários avaliados teriam o enquadramento inadequado e 96,1% adequado, mostrando uma grande evolução com relação ao ano de 2011, em que a situação era de 23,7% inadequados e 76,3% adequados. Porém, vale ressaltar que esse cenário não pode ser generalizado para todo território nacional, devido ao fato do Sudeste ser uma das regiões mais desenvolvidas.

Outra ferramenta de gestão para o planejamento estratégico, é a análise SWOT, a qual diversos países vêm utilizando para a gestão de resíduos sólidos (LISBOA, 2016). Tal ferramenta proporciona a compreensão de forças, fraquezas, oportunidades envolvidas na área de estudo, podendo assim contribuir para a tomada de decisões.

Este trabalho propõe aplicar o IQR/IQC e análise SWOT na CTRS de Belo Horizonte, de modo a verificar se essas ferramentas facilitariam a tomada de decisões na gestão sustentável dos resíduos e também para obter um panorama dos pontos fortes e fracos dessa unidade de tratamento de resíduos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- Analisar as condições técnicas e ambientais do aterro sanitário e da usina de compostagem de Belo Horizonte/ MG, por meio do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Sólidos (IQR) e Índice de Qualidade de Usina de Triagem e Compostagem (IQC), além da análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*).

2.2. Objetivos Específicos

- Verificar a aplicabilidade do IQR em um aterro sanitário sem aterragem de RSU.
- Verificar a aplicabilidade do IQC na usina de compostagem da CTRS BR40.
- Identificar as forças, oportunidades, fraquezas e ameaças na CTRS BR040.
- Verificar se a associação do IQR/IQC e SWOT poderá otimizar as tomadas de decisões na gestão no aterro da BR040.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Conceito de Resíduos Sólidos

Tem-se várias definições a respeito do conceito de resíduos sólidos, segundo o Banco Mundial (*The World Bank*), os Resíduos Sólidos (RS) são definidos (UNEP, 2009) como:

Resíduos vindos de atividades domésticas, comerciais, industriais e institucionais numa área urbana. RS municipais englobam todos os resíduos que não sejam descargas de esgotos nem emissões atmosféricas. Um RS pode ser semissólido, sólido ou mesmo líquido, e é geralmente percebido pela sociedade como dentro da responsabilidade da municipalidade de coletá-lo e dele dispor.

Já segundo a Norma da Técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR nº 10.004 (ABNT, 2004), entende-se por resíduos sólidos:

Aqueles resíduos nos estados sólidos e semissólidos que resultam da atividade da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição os lodos provenientes de sistemas tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviáveis seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível.

Com o intuito de ampliação da definição da NBR nº10. 004 nº10.004 (ABNT, 2004), a Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), é incorporado como resíduos sólidos os gases, mencionando que os mesmos devem ter uma preocupação na etapa de disposição final, e no art.3º é definido RS como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja disposição 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 vivis em face da melhor tecnologia disponível.

Entretanto, implicitamente os RS têm um valor agregado, tanto em relação à matéria quanto à energia neles contida, que devem ser aproveitadas antecedentemente à disposição final, contribuindo para redução da quantidade de RS e, conseqüentemente, diminuindo os impactos do mesmo no ambiente (BARROS, 2012).

3.2. Classificação dos Resíduos

É de extrema importância o conhecimento dos tipos de resíduos e suas características, para um melhor gerenciamento, sendo compatível tanto com os termos ambientais quanto econômicos. Devido à grande diversidade dos RS, são adotadas variadas classificações. Segundo Faria (2002), a inexistência de uma padronização origina dificuldades de comparação ou de ordenação.

Serão expostas, nos subitens a seguir, algumas classificações que abordam uma ou mais característica dos resíduos.

3.2.1. Quanto à origem

De acordo com a fonte geradora, os resíduos podem ser classificados em:

- Resíduos Domiciliares

Tem como maior característica o alto percentual de material orgânico na sua composição, além de materiais recicláveis. Outro aspecto bastante relevante no resíduo doméstico é a presença de microrganismos, o que propicia a transmissão de doenças infectocontagiosas. De acordo com a PNRS (BRASIL, 2010) tais resíduos são originados de atividades domésticas em residências urbanas.

Segundo o órgão de limpeza urbana de Belo Horizonte (BELO HORIZONTE, 2015) considera-se RS domiciliares como:

Os resíduos gerados em edificações residenciais, comerciais, públicas e de prestação de serviços, com características qualitativas definidas pelo Regulamento de Limpeza Urbana. Incluem a massa de coleta domiciliar feita em caminhões compactadores, coleta domiciliar em vilas e favelas com caminhões basculante e/ou caçambas estacionárias. Inclui também a massa decorrente do serviço das coletas seletivas de papel, metal, plástico, vidro e resíduos orgânicos em feiras e sacolões feitas pela prefeitura.

Devido à vida moderna, a introdução de novos produtos na sociedade e principalmente o aumento da sua produção, os resíduos domiciliares são uma grande preocupação para os órgãos responsáveis pelos resíduos municipais.

- Resíduos Comerciais

Resíduos provenientes de estabelecimentos comerciais em geral, como escritórios, lojas, empresas, prestadoras de serviço. Possuem composição variável de acordo com o tipo de atividade desenvolvida, são constituídos geralmente de embalagens e podem conter alguma matéria orgânica (BELO HORIZONTE, 2015).

- Resíduos Industriais

Segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004), são aqueles resíduos em “estado sólido e semissólido que resultam das atividades industriais (...)”. Porém dentro da própria indústria existem resíduos sólidos tipicamente urbanos e devem ser separados dos resíduos industriais e dispostos e acondicionados para coleta regular.

Pela Lei Municipal nº 10.534/2012, de Belo Horizonte, os resíduos industriais são:

Aqueles provenientes de atividades de pesquisas, de transformação de matérias-primas em novos produtos, de extração mineral, de montagem e manipulação de produtos acabados, inclusive aqueles gerados em áreas de utilidade, apoio, depósito ou administração das referidas indústrias ou similares.

- Resíduos de Serviços de Saúde

São os resíduos provenientes de instalações hospitalares, como clínicas médicas, odontológicas, veterinárias farmácias, aeroportos e estabelecimentos similares. De acordo com a Lei Municipal nº 10.534 (PBH, 2012), os resíduos de serviço e saúde são “aqueles resultantes de atividades exercidas nos estabelecimentos geradores de resíduos de serviços de saúde que, por suas características, necessitam de processos diferenciados em seu manejo, exigindo ou não tratamento anterior à sua disposição final”.

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 358/2005, os resíduos de serviços e saúde são classificados em: Grupo A – Resíduos com possível presença de agentes biológicos, Grupo B - Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, Grupo C - Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de

Energia Nuclear-CNEN, Grupo D - Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente e Grupo E - Materiais perfurocortantes ou escarificantes.

Devido às características específicas, os Resíduos de Serviço e Saúde (RSS) demandam um cuidado e métodos especiais para seu manuseio e tratamento, pelo fator de periculosidade e risco de contaminação. Em razão dessas características os RSS são classificados e existem normas para sua coleta, transporte, e disposição final.

- Resíduos de limpeza urbana

São os resíduos originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (BRASIL, 2010). Geralmente, os resíduos de varrição são compostos de embalagens, bitucas de cigarro, restos de capina e alimentos.

3.2.2. **Periculosidade**

Os RS podem ser classificados de acordo com seu grau de periculosidade

- Resíduos Classe I (Perigosos)

Conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 os resíduos perigosos são:

Aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

- Resíduo Classe II A (Não Inertes)

São os resíduos que podem ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, porém não se enquadram como resíduo Classe I ou II B (ABNT, 2004). Nesta classe estão incluídos os papéis, papelão, matéria vegetal e outros.

- Resíduo Classe III B (Inertes)

São aqueles que, submetidos ao teste de solubilização, não tiveram nenhum dos seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água,

Listagem 8, Anexo H, da NBR-10.004. Exemplo dessa categoria são: rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos facilmente. Se as concentrações forem superiores às da Listagem 8, os resíduos são considerados Classe II A.

3.3. Impactos Socioambientais

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 004/1996 (CONAMA, 1986) no artigo 1º, caracteriza impacto ambiental como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições sanitárias do meio ambiente, a qualidade dos recursos ambientais.

O crescimento desordenado e sem qualquer planejamento urbano, especialmente de grandes cidades, tem ocasionado diversos problemas socioeconômicos e ambientais. Várias atividades humanas geram impactos negativos no meio ambiente, valendo destacar a disposição inadequada dos resíduos sólidos, que pode gerar impactos no solo, ar, corpos hídricos além de ser um problema muito grave a saúde pública.

Os impactos podem ser classificados qualitativamente de acordo com Silva (1999), afim de melhor entendimento e estudo sobre os impactos ([Tabela 1](#)~~Tabela 1~~).

Tabela 1- Classificação dos Impactos Ambientais

Classificação	Caracterização
Critério de Valor	Impacto positivo ou benefício (quando uma ação causa melhoria da qualidade ambiental) e impacto negativo ou adverso (quando uma ação causa dano à qualidade ambiental).
Critério de ordem	Impacto direto, primário ou de primeira ordem (quando resulta de uma simples relação causa e efeito) e impacto indireto, secundário ou de enésima ordem.
Critério de espaço	Impacto local (ação no próprio sítio e suas imediações), impacto regional (impacto se propaga em áreas além do sítio), e impacto estratégico (quando é afetado um componente ambiental de importância coletiva, nacional ou mesmo internacional).
Critério de tempo	Impacto em curto prazo, impacto em médio prazo e impacto em longo prazo.
Critério de dinâmica	Impacto temporário, impacto cíclico (se faz sentir em determinados ciclos, que podem ou não ser constantes ao longo do tempo) e impacto permanente (impactos não param de se manifestar num horizonte temporal conhecido).
Critério de plástica	Impacto reversível e impacto irreversível (quando cessada a ação, o fator ambiental não retorna às suas condições originais).

Fonte: Silva, (1999)

Os impactos relacionados aos resíduos sólidos abrangem aspectos de contaminação do solo, água ar e até a desconfiguração da paisagem. A poluição engloba diferentes fatores que comprometem a saúde do homem e do meio ambiente.

3.4. Tratamento e Destinação dos RS

A responsabilidade pela destinação final do Resíduo Sólido Urbano (RSU) é da prefeitura e os resíduos industriais, serviços de saúde e agrícola são de responsabilidade do próprio gerador. No entanto, grande parte dos resíduos gerados no Brasil é disposta inadequadamente favorecendo a perda de qualidade socioambiental.

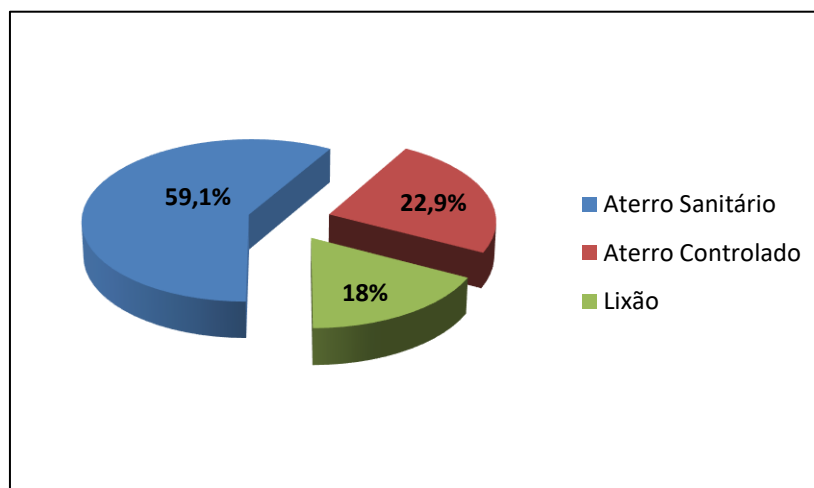
Por outro lado, a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos caminha junto com o desenvolvimento sustentável, onde ocorre a valorização dos fluxos de materiais e energia e, descarte apenas dos rejeitos, ou seja, resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas

as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNSR, 2010).

Segundo o Painel Internacional sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), do total de resíduos gerados em todo planeta, 300 milhões de toneladas (20%) são recicladas, 200 Mt (13,5%) são tratadas com recuperação energética, 200 Mt (13,5%) são dispostas em aterros sanitários e 800 Mt (53%) são dispostas em aterros controlados ou vazadouros a céu aberto (lixões).

A gestão de RSU no Brasil é marcada pela baixa valorização biológica, física e energética: o resíduo coletado é encaminhado para disposição final em aterros ou lixões, não valorizando índices de contribuição de alternativas de valorização, como a compostagem e incineração (ROWE, 2007). O Gráfico 1 apresenta a disposição final dos RSU no Brasil, em 2017.

Gráfico 1- Disposição Final dos RSU no Brasil no ano de 2017



Fonte: Abrelpe, (2018)

O [Gráfico 1](#) evidencia a problemática da disposição final de resíduos sólidos no Brasil, já que pode observar que 40,9% dos resíduos no Brasil não são destinados de forma correta gerando vários problemas nos municípios com menor infraestrutura, e tais problemas são ignorados pelas administrações municipais que sempre deixam essa situação em segundo plano.

A seguir, são descritas as principais técnicas de destinação final de resíduos e tratamento, que incluem: reciclagem, incineração, compostagem e disposição final adequada, além de disposição inadequada de resíduos.

3.4.1. **Reciclagem**

De acordo com a PNRS 2010 (BRASIL, 2010), a reciclagem é definida como:

Processo de transformação dos resíduos sólidos que envolvem a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e, se couber do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA);

A reciclagem traz bastantes benefícios à gestão de resíduos, uma vez que diminui a exploração de recursos naturais e, ao reaproveitar materiais já extraídos, se faz a economia de energia de produção. Outro fator importante da reciclagem é aumentar a vida útil de aterros sanitários, devido ao fato de diminuir o fluxo de RS que iriam para os aterros. É de extrema importância, a estratégia de reciclagem em um sistema de gestão de resíduos nos municípios a fim de melhorar a qualidade de serviços (BARROS, 2012).

3.4.2. **Incineração**

A incineração nada mais é que um processo de redução de peso e de volume dos RS pelo processo de combustão controlada, na presença de injeção de oxigênio, onde os materiais a base de carbono são decompostos. Os materiais remanescentes do processo de incineração devem ter uma disposição final adequada, geralmente em aterros.

Segundo Barros (2012), o processo de incineração não é considerado uma tecnologia de disposição final, e sim de tratamento térmico, devido ao fato que sempre será necessário um aterramento final para os remanescentes. Sendo assim, a incineração oferece risco para a saúde humana porque converte um problema potencial, físico, biológico, em um problema químico.

3.4.3. **Compostagem**

Compostagem é o procedimento onde ocorre uma transformação de resíduos orgânicos, por meio de processos químicos, físicos e biológicos, em um material mais estável e resistente

a ação de espécies consumidoras (BARROS, 2012). A matéria orgânica presente no RS sofre decomposição tanto pela ação aeróbica quanto anaeróbica de microrganismos. O produto produzido pela técnica de compostagem é denominado composto orgânico, é rico em húmus e nutrientes minerais, podendo ser utilizado em qualquer tipo de cultura, como um fertilizante natural ou utilizado para corrigir a acidez do solo e recuperar áreas erodidas.

A utilização do método de compostagem é de extrema importância na gestão de RS, pois diminui os danos causados pela disposição desordenada ou inadequada, pelo fato de diminuir a quantidade de RS a ser aterrado. Outro fato importante é o aporte de nutrientes e matéria orgânica aos solos, públicos ou não, favorecendo a vegetação local.

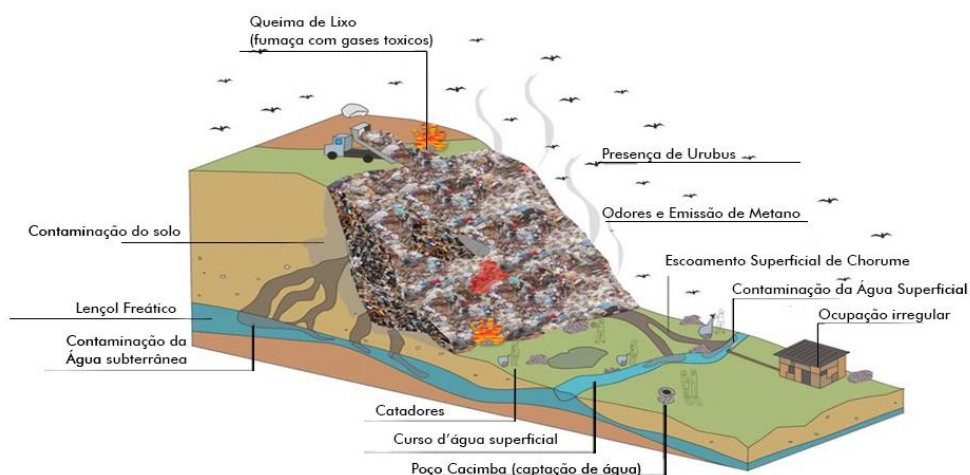
3.4.4. Disposição em solo inadequada

A disposição final de RS em solo se classifica de acordo com seu risco a saúde pública e ao meio ambiente, como será exposto a seguir. O termo aterro é vinculado à disposição dos resíduos em solo independente da qualidade da operação exercida.

3.4.4.1. Lixão ou Vazadouro a Céu Aberto

É a forma mais inadequada de disposição em solo, é baseado na simples descarga do resíduo em solo, sem qualquer medida de proteção ao meio ambiente ou a saúde pública. Esse tipo de destinação causa sérios problemas ambientais, como poluição de recursos hídricos, poluição do solo, poluição do ar, proliferação de vetores e consequentemente aumentos de incidência de doenças, como é mostrado na [Figura 1](#)~~Figura 1~~. Portanto, é uma forma de disposição inadequada, além de ser ilegal segundo a legislação brasileira.

Figura 1- Caracterização da degradação social e ambiental pelo vazadouro a céu aberto



Fonte: Autoglass (2018)

3.4.4.2. Aterro Controlado

Aterro controlado é um tipo de destinação final em solo intermediária entre lixão e aterro sanitário, mas ainda bastante inferior ao aterro sanitário. Geralmente um aterro controlado é um lixão o qual foi adaptado para redução dos danos ao meio ambiente e a saúde pública.

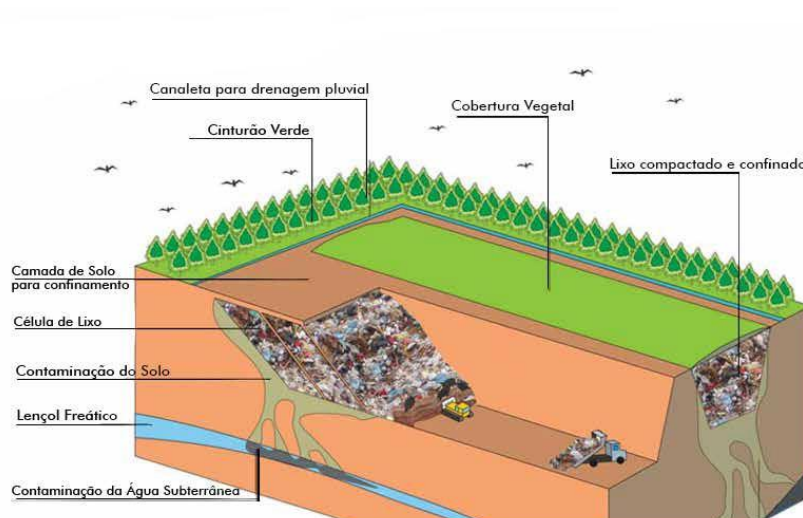
De acordo com a norma ABNT NBR nº 8.849 (ABNT, 1985) aterro controlado é definido como:

Técnica de disposição de RS urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos cobrindo-os com uma camada de terra ou material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

Apesar de a norma explicitar que o aterro controlado não causa danos ou riscos, esta técnica causa impactos e produz poluição, porque na maioria das vezes não utiliza de impermeabilização da base nem sistemas de coleta e tratamento nem dos gases e chorume gerados pela decomposição, por tal motivo a norma foi cancelada em 15 de junho de 2015. Basicamente aterro controlado é uma solução paliativa e incompleta, mas por ser uma solução rápida e barata é adotada por pequenos municípios que não têm condições nem recursos suficientes para construção de um aterro sanitário (AUTOGLASS, 2018).

A [Figura 2](#) mostra a representação esquemática de um aterro controlado e seus respectivos impactos e características.

Figura 2- Esquema das características de um aterro controlado



Fonte: Autoglass (2018)

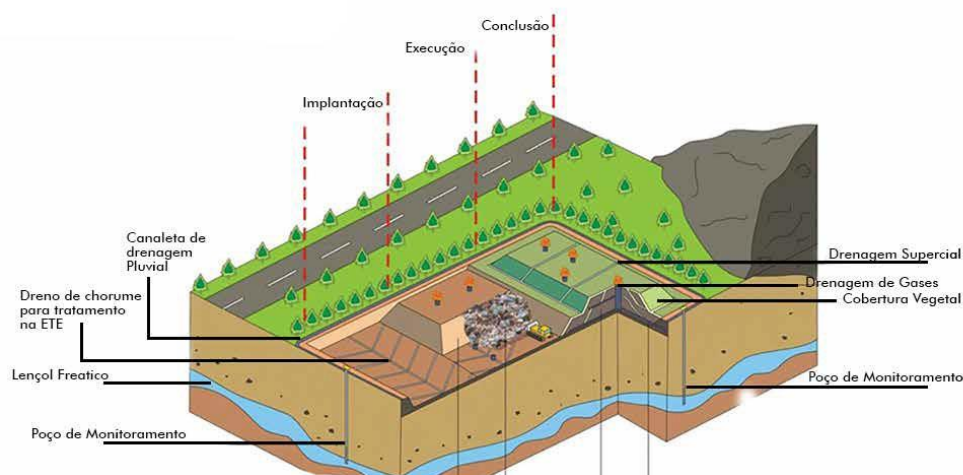
3.4.5. Disposição final adequada

Segundo a PNRS, a disposição final ambientalmente adequada é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

Aterro sanitário é o método de disposição de RS que menos impacta o meio ambiente e a saúde pública, sendo que os resíduos são confinados em células, cobertas por material inerte, com o objetivo de evitar danos ao meio ambiente, a saúde e a segurança pública (NUCASE, 2008).

Os aterros sanitários são projetados e operados a partir de critérios de engenharia, que se materializam pelos projetos de impermeabilização do aterro, sistema de drenagem superficial para melhor escoamento das águas de chuva, coleta de fundo na drenagem do lixiviado, no sistema de tratamento do lixiviado e na drenagem dos gases gerados, como mostrado na [Figura 3](#), com o intuito de mitigar impactos gerados pelo sistema.

Figura 3- Esquema das características de um aterro sanitário



Fonte: Autoglass, (2018)

3.5. Aterro Sanitário

Na literatura tem-se várias definições para o termo aterro sanitário. De acordo com a norma ABNT nº 8.419 (ABNT, 1996), é apresentado como:

Uma técnica de disposição dos resíduos sólidos no solo, sem causar danos à saúde e à segurança pública, minimizando os impactos ambientais; método este que utiliza princípios de engenharia para confinar resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-lo ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou em intervalos menores, se necessário.

De acordo com a Associação Americana de Engenheiros Civis - ASCE, (WALL, 1995), aterro sanitário é definido como:

Aterro sanitário é uma técnica para a disposição do lixo no solo sem causar prejuízo ao meio ambiente e sem causar dano ou perigo à saúde e à segurança pública, técnica esta que utiliza princípios de Engenharia para acumular o lixo na menor área possível, reduzindo seu volume ao mínimo e cobrindo-o com uma camada de terra com a frequência necessária, pelo menos ao fim de cada dia.

3.5.1. Seleção do local para implantação de um aterro sanitário

A escolha do local para implantação do aterro sanitário é de fundamental importância para um bom desempenho sob os aspectos ambientais, técnicos, econômicos, sociais e de saúde pública. A seleção dessas áreas é uma grande dificuldade para os municípios devido o conjunto

de normas técnicas, econômicas e ambientais que demandam conhecimento e um grande volume de dados e informações, que geralmente é indisponível para as administrações municipais (NUCASE, 2008).

Segundo a norma da NBR nº 13.896 (ABNT, 1997), o parecer da adequabilidade de um determinado local para implantação de um aterro sanitário deve ser tal que os impactos gerados sejam mínimos, além de estar de acordo com o zoneamento local do município.

A área selecionada para a implantação, segundo o NUCASE (2008), deve ser a que melhor possibilite:

- **Menor potencial para geração de impactos ambientais:**
 - Localização fora de áreas de restrição ambiental;
 - Aquíferos menos permeáveis;
 - Solos mais espessos e menos sujeitos aos processos de erosão e escorregamentos;
 - Declividade apropriada;
 - Distância de habitações, cursos d'água, rede de alta tensão;
- **Maior vida útil para o empreendimento:**
 - Máxima capacidade de recebimentos de resíduos;
- **Baixos custos de instalação e operação do aterro:**
 - Menores gastos com infraestrutura;
 - Menor distância da zona urbana geradora de resíduo;
 - Disponibilidade de material de cobertura;
- **Aceitabilidade social:**
 - Menor oposição da comunidade vizinha;

3.5.2. Projeto e implantação de um aterro sanitário

Para a liberação da elaboração do projeto executivo e implantação dos elementos constantes no projeto é necessário à obtenção da licença prévia (LP) e de instalação (LI). Para a apresentação dos projetos de aterro é recomendado que se adote medidas contidas na norma NBR 13.896 (ABNT, 1997), que consolida os critérios de projeto de aterros de resíduos não

perigosos, e a NBR 8.419 (ABNT, 1992), que instaura as condições mínimas exigíveis para a apresentação de resíduos sanitários.

Segundo NUCASE (2008), como um aterro sanitário é uma obra de engenharia, deve ter um projeto executivo contendo obrigatoriamente, as seguintes partes conforme a Tabela 2.

Tabela 2- Conteúdo do projeto executivo de aterro sanitário (Contínua)

Constituintes	Descrição	Conteúdo
Memorial Descritivo	Informações gerais sobre os resíduos e sobre o projeto do aterro sanitário.	-Informações cadastrais; -Informações sobre os resíduos a serem dispostos no aterro sanitário; -Caracterização do local destinado ao aterro sanitário; -Concepção e justificativa do projeto; -Descrição e especificações dos elementos do projeto; -Operação do aterro sanitário; -Uso futuro da área do aterro sanitário.
Memorial Técnico	Podemos denominar memorial técnico ao conjunto de cálculos e planos dos elementos constituintes do projeto.	-Cálculo dos elementos de projeto (mostrando dados e parâmetros de projeto utilizados, critérios, fórmulas e hipóteses de cálculo, justificativas e resultados); -Vida útil do aterro (prazo de utilização); -Sistema de drenagem superficial; -Sistema de drenagem e remoção de lixiviados; -Sistema de drenagem de biogás; -Sistema de tratamento de lixiviados; -Cálculo de estabilidade dos taludes de terra e do maciço do aterro (resíduos).
Cronograma de execução e estimativa de custo	Cronograma físico-financeiro para a implantação e operação do aterro sanitário.	-Equipamentos utilizados; -Mão de obra empregada; -Serviços utilizados; -Materiais utilizados; -Instalações e serviços de apoio;

Tabela 2- Conteúdo do projeto executivo de aterro sanitário (Conclusão)

Constituintes	Descrição	Conteúdo
Desenhos ou plantas	Documento no qual se podem encontrar todas as plantas que devem estar presentes em um projeto de aterro sanitário.	-Planta de situação e localização (escala entre 1:1000 e 1:2000); -Planta de concepção geral do aterro (1:1000 e 1:5000); -Planta baixa do aterro, ou vista superior com indicação das áreas de deposição dos resíduos sólidos (não inferior a 1:1000), entre outras.
Anexos ao projeto executivo	Nos anexos ao projeto do aterro sanitário podem ser encontrados laudos e documentos que o projetista julgar necessários ou importantes.	-Licenças ambientais ou outras licenças (por exemplo, a Licença Prévia do aterro); -Certificado de propriedade ou titularidade da área; -Cópia da publicação da Licença Prévia em jornal, entre outros anexos.

Fonte: Nucase (2008)

Todo projeto desenvolvido deve ser realizado por um profissional registrado no CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia), e todos os documentos e plantas deverão conter assinatura e número de registro do profissional juntamente com a indicação da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica).

3.5.3. Métodos de execução

O método a partir do qual o aterro sanitário será executado dependerá do seu porte e das circunstâncias locais, como topografia, tipo de solo e da profundidade do lençol freático. É conveniente que a área operacional mínima seja suficiente para 1 a 2 meses de operação (FARIA, 2002).

Os métodos mais usuais para a execução de aterros sanitários são: método da trincheira e método da área.

3.5.3.1. Método da trincheira

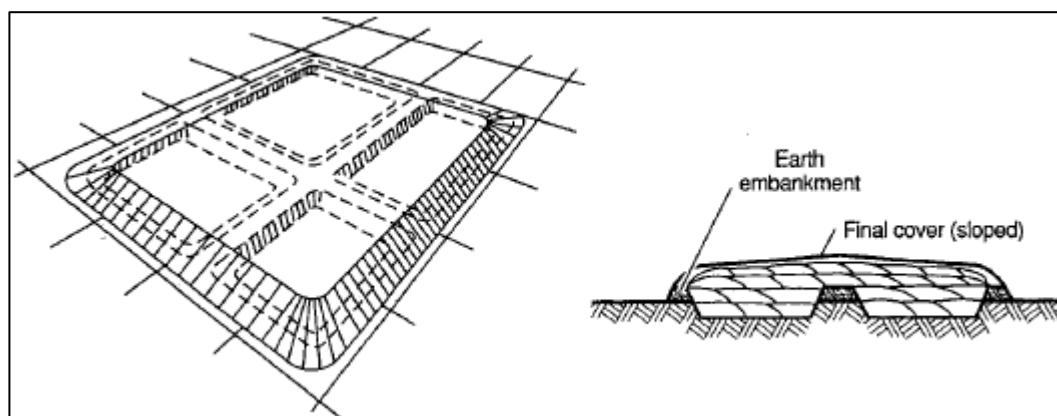
Técnica mais adequada para áreas levemente inclinadas ou planas é um método adequado para pequenas comunidades, onde se tem recursos financeiros e equipamentos

escassos, adequado à operação de um aterro convencional, pois podem ser operados de forma manual (NUCASE, 2008).

São escavadas trincheiras ou valas no solo, onde os resíduos são descarregados no lado livre das trincheiras sem a entrada do caminhão no interior da trincheira. O material proveniente da escavação da vala é reutilizado para recobrimento dos resíduos (FARIA, 2002).

Na [Figura 4](#), pode-se observar uma representação do método das trincheiras proposto por Tchobanoglous et al. (1993).

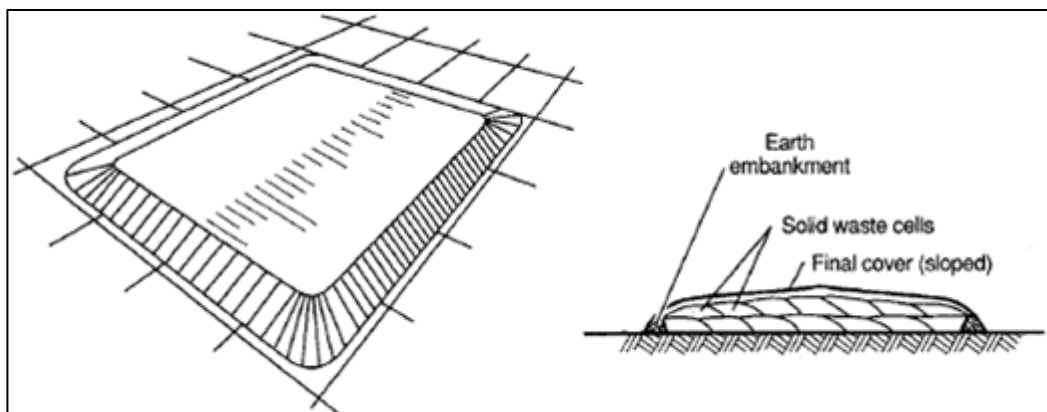
Figura 4- Método de Trincheira



Fonte: Tchobanoglous et al. (1993)

3.5.3.2. Método da Área ou de Superfície

A técnica da área é indicada para locais cuja topografia é apropriada ao recebimento do lixo sobre a superfície do terreno, sem alteração da sua configuração inicial. O método se baseia na formação de camadas de resíduos compactados na superfície natural do terreno e são sobrepostos acima do nível original do aterro (NUCASE, 2008). Na [Figura 5](#), pode-se observar um esquema do método das áreas.

Figura 5- Método das áreas

Fonte: Tchobanoglous et al, (1993)

3.5.4. Sistemas de impermeabilização

O objetivo dos sistemas de impermeabilização é impedir a infiltração das águas de chuva e garantir um confinamento dos lixiviados gerados, impedindo a infiltração do lixiviado no solo, evitando impacto nos corpos hídricos. A impermeabilização deve apresentar estanqueidade, durabilidade, resistência mecânica e a intempéries além de compatibilidade com os resíduos a serem dispostos, no intuito de melhorar o processo de disposição (NUCASE, 2008).

A impermeabilização do aterro é realizada com a compactação da argila, com espessura de 1,0 metros e com baixo coeficiente de permeabilidade ou com a aplicação de geossintéticos, para garantir a estanqueidade do maciço (BARROS, 2012). As condições locais serão consideradas para a escolha do material para impermeabilização, normalmente é feito a sobreposição das duas camadas aumentar a estanqueidade.

3.5.5. Sistema de drenagem de águas pluviais

O sistema de drenagem de águas pluviais cumpre com o objetivo de evitar com que as águas de chuvas cheguem à superfície vizinha alcançando as áreas de serviço, reduzindo a geração de líquidos lixiviados e escoamento superficial. Tais medidas reduzem a incidência de erosão nos taludes e melhoram o funcionamento das camadas de cobertura final (BARROS, 2012).

Em geral, o sistema é composto por estruturas hidráulicas de coleta e condução de água, como canaletas nas bermas, escadas e dispositivos de dissipação de energia. Devido aos componentes serem feitos de concreto, tais estruturas tendem a se romper com o tempo e, com isso deve-se fazer a manutenção periódica para melhor eficiência das estruturas.

3.5.6. Sistema de drenagem de líquidos lixiviados

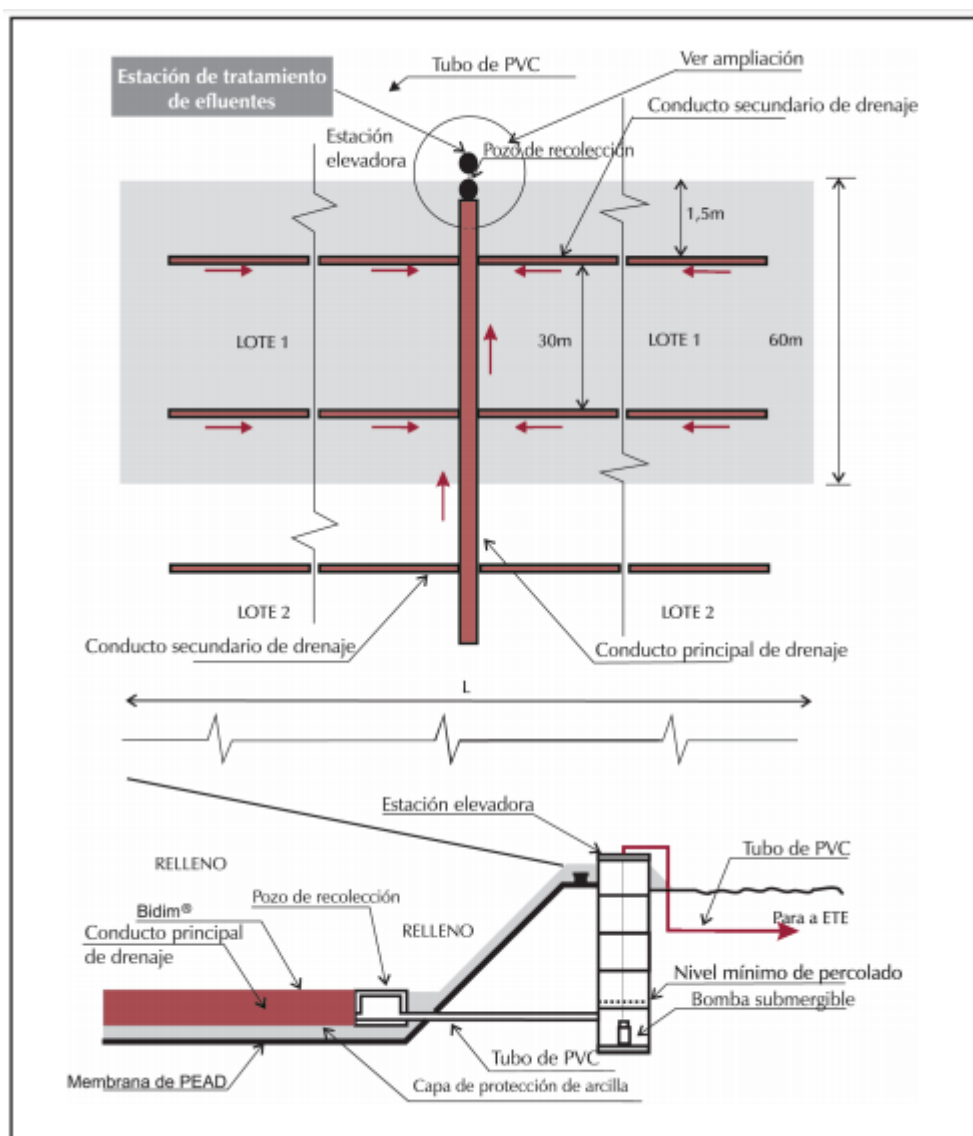
Os líquidos lixiviados são derivados da hidrólise dos compostos orgânicos. Os líquidos lixiviados tem elevada carga orgânica podendo contaminar severamente as águas subterrâneas, por isso deve ser construído um sistema de drenagem eficiente.

O sistema de drenagem de líquidos lixiviados tem como objetivo conduzir os líquidos para o sistema de tratamento ou direcionamento a um local de saída do aterro sanitário, evitando seu acúmulo na massa de resíduos.

A drenagem pode ser executada através de uma rede de drenos internos, constituídos por tubos perfurados, com preenchimento de brita, em formato similar a uma “espinha de peixe”, levando os lixiviados até o sistema de saída. O material utilizado na drenagem deve ser resistente ao chorume e projetado para não sofrer com obstruções futuras (VAN ELK, 2007).

A [Figura 6](#) retrata um modelo de sistema de drenagem de lixiviados.

Figura 6- Sistema de drenagem de lixiviado em aterro sanitário



Fonte: Van Elk, (2007).

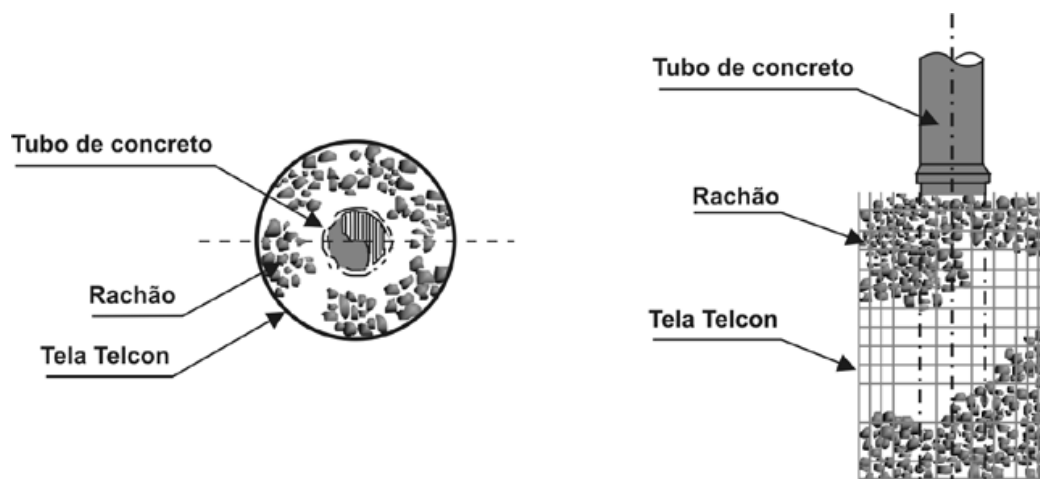
3.5.7. Sistema de drenagem de gases

Outro derivado da decomposição dos resíduos sólidos nos aterros sanitários são os gases, geralmente constituídos por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). O sistema de drenagem tem como objetivo drenar esses gases evitando as pressões no interior do maciço e o agravamento do efeito estufa já que os dois gases contribuem para este agravamento.

Os drenos eram geralmente constituídos por uma coluna de tubos de concreto armado envolta por uma camada de brita, que é fixada à coluna de tubos por uma tela metálica, como mostrado na [Figura 7](#), mas atualmente são utilizados termoplásticos como o PVC e o

PEAD perfurados, rígidos ou flexíveis. São utilizados tanto drenos verticais, os drenos verticais são interligados com os drenos de lixiviados.

Figura 7- Detalhamento dos drenos de gás em aterro sanitário



Fonte: Van Elk, (2007).

3.5.8. Monitoramento do Aterro Sanitário

O aterro sanitário, devido ao seu alto potencial de causar impactos ambientais e sociais, deve ter um programa de monitoramento adequado, com intuito de mitigar tais impactos. O programa de monitoramento tem como objetivo acompanhar o comportamento geomecânico e o desempenho ambiental do aterro, permitindo assim a identificação de alterações no padrão de comportamento do aterro e promovendo ações corretivas e preventivas para a conservação e manutenção (CATAPRETA; SIMÕES, 2016).

O programa de monitoramento ambiental é dividido em 3 tipos de monitoramentos distintos: ambiental, geotécnico e de operação.

No monitoramento ambiental são monitorados os recursos naturais vulneráveis à atividade do aterro, como por exemplo, qualidade das águas subterrâneas e superficiais, qualidade do ar, poluição sonora, líquidos lixiviados e gases (BARROS, 2012).

O monitoramento geotécnico tem como objetivo o acompanhamento da movimentação das estruturas dos aterros sanitários, e o monitoramento é feito por meio de medidas de pressão nos diques e nas células, medidas de recalque superficiais, medidas de movimentação internas, ensaios de campo, controle tecnológico dos materiais geotécnicos utilizados e inspeções de campo (CATAPRETA; SIMÕES, 2016).

Para garantir às condições de funcionamento e o atendimento às condições legais e de segurança é realizado o monitoramento operacional, com medidas de controle de densidade dos RS aterrados e controle da inclinação, auxiliando na avaliação da estabilidade e do tempo de vida útil do aterro.

3.5.9. Plano de Fechamento do Aterro

Geralmente, ao término da vida útil do aterro sanitário, as áreas no seu entorno poderão estar ocupadas por zonas habitacionais, e por isso, na maioria dos casos o aterro é aproveitado para criar zonas de preservação, parques, estacionamentos, estruturas leves que não sofram com o recalque que continua a ocorrer no terreno (BELO HORIZONTE, 2017).

Outra possibilidade fazer o aproveitamento da área do aterro, mas fora da área onde se encontra o resíduo aterrado, é a implantação de outras etapas da gestão de resíduos, como por exemplo, estações de transbordo, usinas de compostagem e reciclagem de entulhos, como acontece na cidade de Belo Horizonte, na CTRS da BR040.

Uma das formas da mudança do pensamento sobre o manejo de resíduos sólidos, é a transformação de aterro sanitário em parque ecológico, com o objetivo de acolher atividades de recreação, lazer, educação ambiental, zona de amortecimento urbano e até mesmo unidade de energia renovável. Borella (2004) apresenta a relação de países que requalificaram áreas de deposição de resíduos em parques, é citado países como Austrália, Canadá, Japão, Espanha, EUA e Holanda, ambos requalificando tais áreas em parques, campo de golfe, projetos de educação ambiental e áreas de recreação.

Pode-se citar o aterro de Hiraya situado na cidade de Tel Aviv/ ISR que foi transformado em um parque ecológico. Em 2002 o governo israelense, determinou através do Plano Diretor Regional, reabilitar o local e construir um parque em torno do aterro com um centro de reciclagem. O parque foi inaugurado em 2017, onde foi concedido o nome de Ariel Sharon Park, a área apresenta 3 usinas de reciclagem, programas de educação ambiental, ambiente para lazer com trilhas e ciclovias, uma escola agrícola, além de uma usina de combustível derivado de resíduos (LATZ, 2018).

Figura 8 - Complexo do parque Ariel Sharon em 2018.

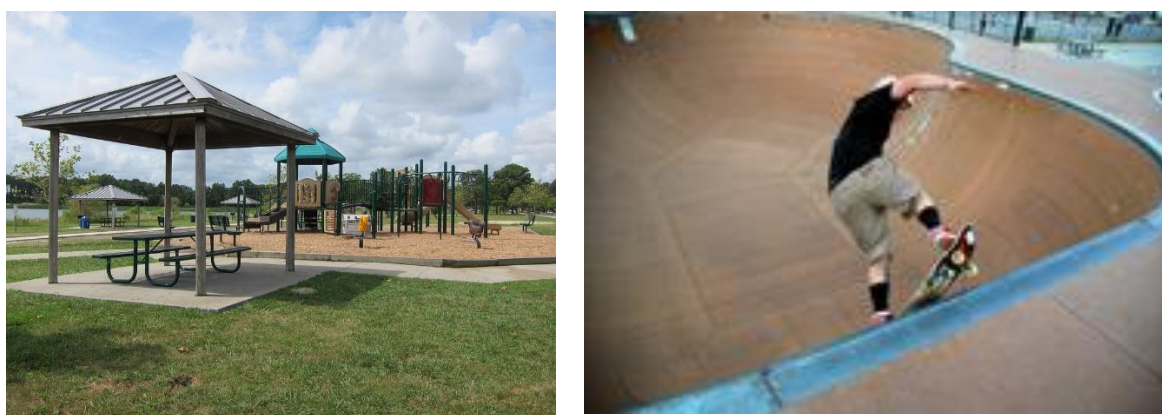


Fonte: Ariel Sharon Park, (2019)

Outro exemplo de requalificação de área de aterro sanitário ocorreu em Virginia nos EUA, que transformou o antigo aterro da região no Parque Trashmore. O parque se estende por 1,65 ha, correspondendo a uma pilha de resíduos de 18 metros de altura e 245 metros de comprimento (Harnik e Taylor, 2006).

A iniciativa para requalificação da área se deu pelo Departamento de saúde, Controle de insetos e Vetores da Virgínia, que estabeleceu planos para criação de um parque recreativo. A obra teve apoio de empresas privadas, através de licitações, que colocaram em prática o planejamento do projeto, atualmente o parque é constituído por quadras de basquete, pista de skate, ciclovia e áreas para recreação, sendo uma atração turística da região (EUA, 2019)

Figura 9 - Complexo do Trashmore Park



Fonte: EUA, (2019)

Outra ação concomitante a transformação de áreas de disposição de resíduos em parques ecológicos é a criação de centrais geradoras de energia por meio de placas fotovoltaicas, sendo tratado e estudados em diversos países. Nos Estados Unidos, um dos pioneiros nesse tipo de

projeto, vem sendo implantado através do programa *RE-Powering America's Land Initiative*, onde foram analisados 11.000 áreas contaminadas e aterros de RSU para verificar a viabilização de instalação de projetos de energia renovável, incluindo energia fotovoltaica (USEPA & NREL, 2013).

O aterro de Pennsauken, localizado em New Jersey, foram instalados painéis fotovoltaicos nos taludes laterais e no plateau, tendo capacidade geração de energia de 2,1 MW, sendo que a energia gerada é utilizada no aterro e fornecida para uma empresa vizinha (TANSEL et al, 2010).

Figura 10 - Instalações solares no aterro Pennsauken



Fonte: Messics, (2010)

Outro exemplo deste tipo de atividade é o aterro em Fort Cason, Colorado, semelhante ao aterro de Belo Horizonte que se encontra desativado. Foi instalado um sistema solar de 2 MW com aproximadamente 27.876 painéis, cobrindo uma área de 4,9 ha sendo concluído em 2008 (SAMPSON, 2009).

Figura 11 - Sistema fotovoltaico de inclinação fixa no aterro em Fort Cason, Colorado.



Fonte: USEPA & NREL, (2013)

3.6. Índice de qualidade ambiental aplicados a aterro sanitário

O Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR) é um instrumento criado para o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares do Estado de São Paulo, no qual é apenas exemplificativo, permitindo alterações de acordo com seu local de aplicação.

Após a aplicação dos formulários do IQR permite inferir uma nota que enquadra as instalações de destinação final de resíduos urbanos em 3 condições: inadequadas, controladas e adequadas, podendo assim padronizar as avaliações das condições ambientais desses empreendimentos, possibilitando obter comparações de maior significância. O IQR tem uma função bastante importante na gestão de resíduos pois auxilia no estabelecimento de medidas corretivas, buscando uma evolução da área para uma melhoria ambiental do processo (FARIA, 2002).

O IQR é utilizado desde 1997, sendo bem sucedido no Estado de São Paulo, porque contou com o apoio jurídico do Termo de Ajuste de Conduta (TAC), fazendo com que o estado e prefeitura se comprometessem com o objetivo do método (CETESB, 2017).

O Índice de Qualidade de Usina de Triagem e Compostagem (IQC), também foi criado para o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares do Estado de São Paulo, a fim de obter um índice fundamentado, que leva em consideração a situação em inspeção técnica, permitindo o balanço confiável das condições técnico ambientais.

Semelhante ao IQR, após a aplicação dos formulários do IQC, permite inferir uma nota que enquadra as instalações de destinação final de resíduos urbanos em 3 condições: inadequadas, controladas e adequadas.

3.7. Análise SWOT

O significado do termo SWOT vem do inglês “*strengths, weaknesses, opportunities e threats*”, traduzindo para o português significa respectivamente: forças, fraquezas, oportunidades e ameaças.

A análise SWOT é considerada uma ferramenta estrutural utilizada no sistema de gestão de um empreendimento para examinar as forças, as fraquezas, as oportunidades e as ameaças,

levando em conta a análise do ambiente interno e externo da organização (FERRELL; HARTLINE, 2005).

Com o cruzamento de informações levantadas na análise SWOT, pode-se maximizar os pontos positivos e minimizar os pontos negativos, podendo assim produzir estratégias para uma melhor tomada de decisão dentro da gestão da organização (CHIAVENATO; SAPIRO, 2003). Por meio do cruzamento de dados são estabelecidas 4 zonas na matriz SWOT, conforme a [Figura 12](#).

Figura 12- Matriz SWOT Análise Interna e Externa

		Análise Interna	
		Pontos fortes (Strengths)	Pontos fracos (Weaknesses)
Análise Externa	Oportunidades (Opportunities)	SO Tirar o máximo partido dos pontos fortes para aproveitar ao máximo as oportunidades detectadas	WO Desenvolver as estratégias que minimizem os efeitos negativos dos pontos fracos e que em simultâneo aproveitem as oportunidades emergentes
	Ameaças (Threats)	ST Tirar o máximo partido dos pontos fortes para minimizar os efeitos das ameaças detectadas	WT As estratégias a serem desenvolvidas devem minimizar ou ultrapassar os pontos fracos e, tanto quanto possível, fazer face às ameaças

Fonte: Chiavenato; Sapiro (2003).

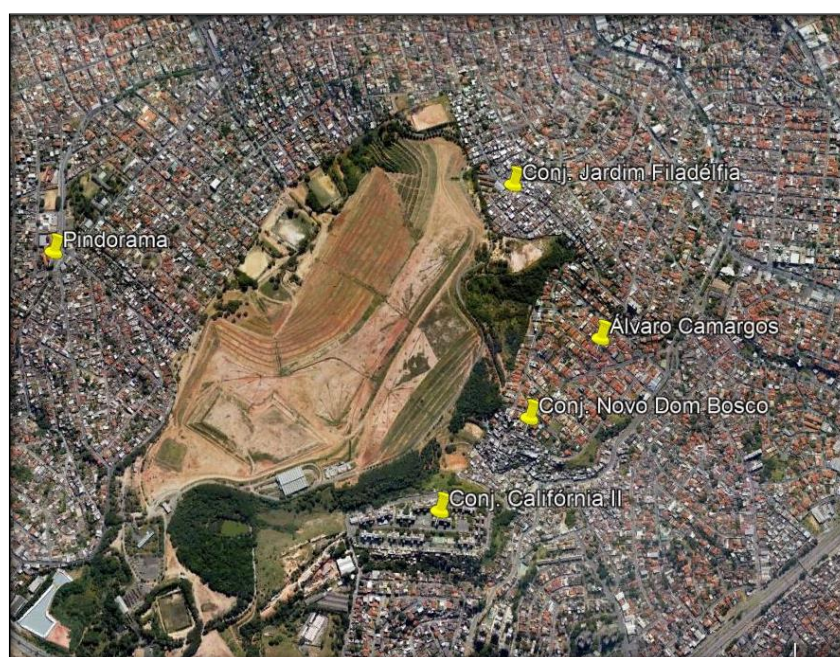
4. METODOLOGIA

4.1. Área de Estudo

A Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR 040 (CTRS BR 040), está localizada às margens da Rodovia BR040, na região Noroeste de Belo Horizonte, a menos de 500 metros de núcleos populacionais ([Figura 13](#)). Apesar de ser recomendado pela norma da NBR 13.896/97, deve-se ponderar tal aspecto, pois o local da implantação do aterro era um antigo lixão, sendo que os aglomerados urbanos foram instalados durante a requalificação da área.

Teve sua operação iniciada em 1975, com as atividades do Aterro Sanitário, Usina de Compostagem. O aterro esteve em atividade por um período de 14 anos, como um aterro convencional, instalado e operado segundo as normas que regulamentavam o seu funcionamento desse tipo de instalação, passando a energético em 1989, com o biogás gerado, sendo captado e utilizado como combustível para veículos.

Figura 13 - Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTRS BR040)

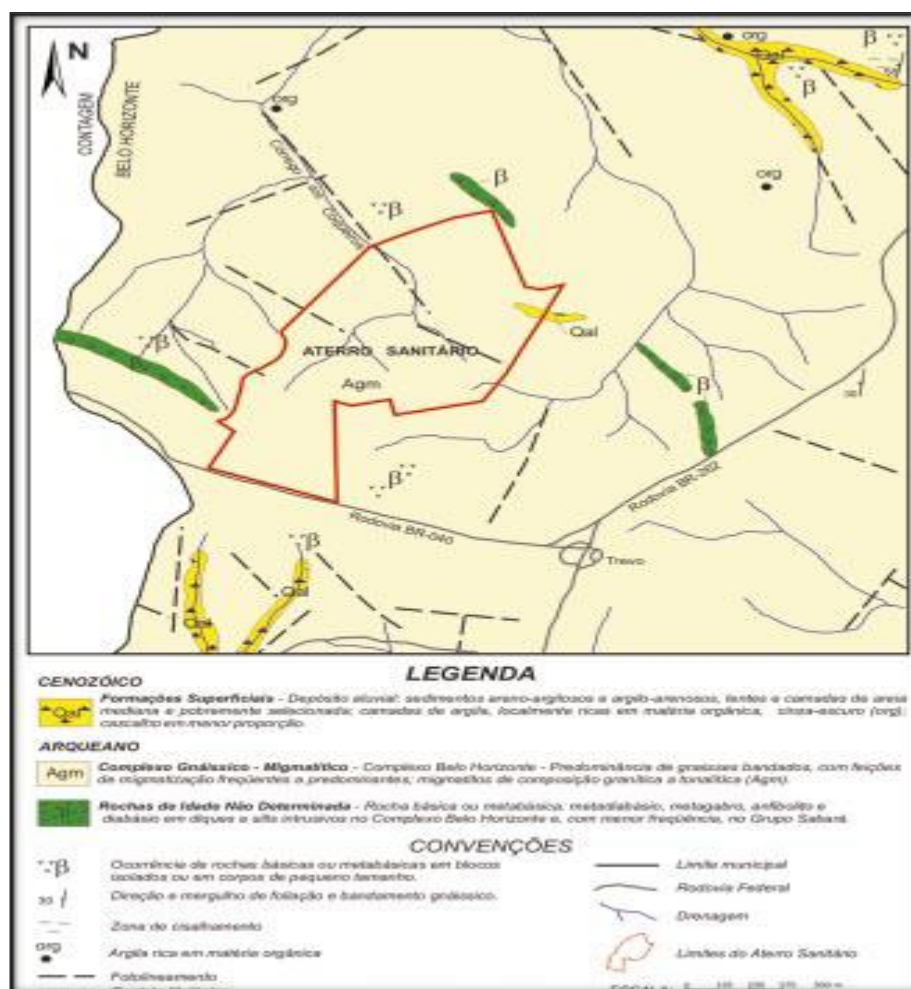


Fonte: Google Earth, (2018).

A geologia da área do aterro é compreendida, principalmente por diques de rochas básicas, ocupando aproximadamente 70% da área total, e o restante por gnaisses migmatíticos. Como apresentado na [Errro! Fonte de referência não encontrada.Figura 14](#), o Córrego Coqueiros e o Córrego Ipanema nascem e percorrem a área do aterro, por um fotolineamento,

apresentando uma comunicação de suas águas com regiões mais profundas do maciço. O aquífero que se encontra no local é do tipo livre constituído por rochas inconsistentes do manto de decomposição das rochas gnáissico-migmatíticas e na parte inferior, por rochas fraturadas. Sendo assim, o aquífero é caracterizado por ser granular poroso na parte superior e fraturado sotoposto, apresentando alto grau de vulnerabilidade à contaminação de suas águas, devido à sua recarga ser realizada exclusivamente por infiltração de águas superficiais (SOUSA; ROESER; MATOS, 2002).

Figura 14 - Mapa geológico regional onde se encontra a área do Aterro Sanitário.

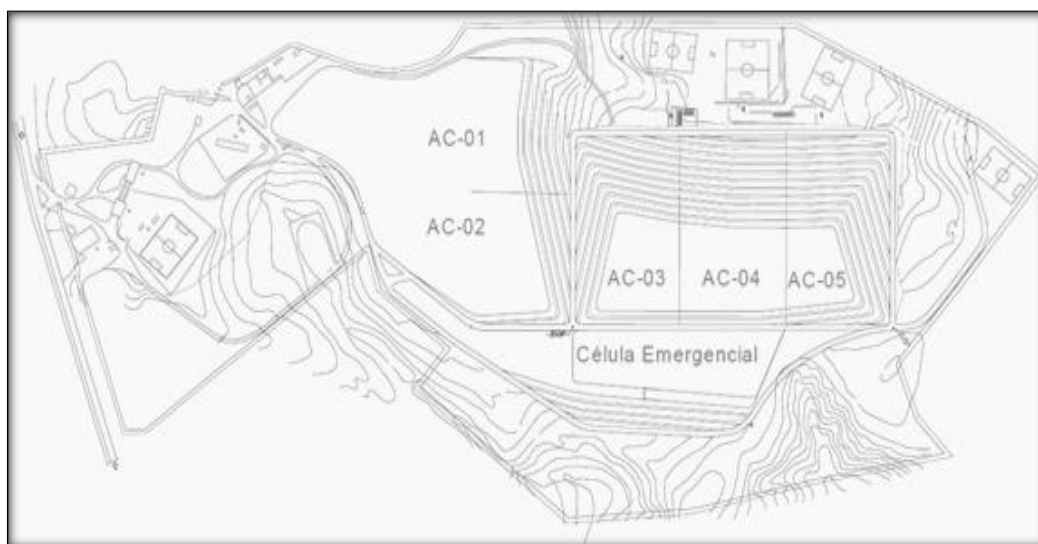


Fonte: Sousa; Roeser; Matos, (2002)

A CTRS BR 040 ocupa uma área de aproximadamente 1 milhão de m² (100 ha), sendo que o espaço tomado com resíduos aterrados é de 650 mil m² (65 ha). No local, há cerca de 24 milhões de m³ de resíduos aterrados. A altura do maciço de resíduos é de 65 metros. A área de aterramento foi dividida em células, para a utilização da técnica de recirculação de chorume, o que aceleraria a decomposição da fração orgânica dos RSU ([Figura 15](#) [Figura 15](#)). Após 32 anos,

em dezembro de 2007, a CTRS passou a não receber mais os RSU de Belo Horizonte. Em 2010, foi inaugurada a Estação de Aproveitamento de Biogás, com o aterro já desativado (CATAPRETA; SIMÕES, 2016).

Figura 15- Separação celular do aterro sanitário, dividida de AC-01 até AC-05 e Célula Emergencial.



Fonte: Simões, (2004)

Além do Aterro Sanitário, a CTRS abriga a Estação de Aproveitamento do Biogás, a Estação de Reciclagem de Entulho (ERE), a Unidade de Recebimento de Pneus (URP), a Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV), a Unidade de Compostagem e uma estação meteorológica implantada pela CEMIG (CATAPRETA; SIMÕES, 2016).

4.2. Aplicação do Índice de Qualidade Ambiental

4.2.1. Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos

O procedimento adotado no trabalho tomou como referência o Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos (CETESB, 2013). Tal índice permite o enquadramento do sistema analisado em duas condições: inadequadas e adequadas, conforme a pontuação atingida dentro de um limite de 0 a 10 pontos, como estipulado pela CETESB (2013).

O método se baseia em um questionário padronizado (“check list”), considerando os seguintes itens:

- I. Estrutura de Apoio;
- II. Taludes e Bermas;
- III. Estrutura de Proteção Ambiental;

- IV. Superfície Superior;
- V. Outras informações;
- VI. Características da Área;

Cada item avaliado apresenta um valor inserido no formulário que, ao ser somado contribui para o cálculo do IQR. Com os valores obtidos pelo somatório de todos os parâmetros de cada subtotal determina-se o valor do IQR, a partir da [Equação 1](#):

$$\text{Equação 1: } IQR = \frac{\text{SubTotal I} + \text{SubTotal II} + \text{SubTotal III} + \text{SubTotal IV} + \text{SubTotal V} + \text{SubTotal VI}}{8,5}$$

O formulário, quando preenchido, permite alcançar uma nota que enquadra as instalações de destinação final de resíduos urbanos em três condições apresentadas na [Tabela 3](#) a seguir:

Tabela 3 Classificação do local de estudo por meio do cálculo do IQR

Intervalo de Valores do IQR	Classificação alcançada
0 a 6,0	Inadequadas
6,1 a 8,0	Controladas
8,1 a 10	Adequadas

Fonte: CETESB, (2013)

O preenchimento do formulário do IQR foi realizado juntamente com o técnico responsável pelo gerenciamento do aterro sanitário, podendo assim realizar uma análise mais efetiva sobre cada item do IQR.

O modelo do “check list” do IQR foi adaptado para que possa atender as condições do aterro de Belo Horizonte-MG, já que o mesmo não está mais recebendo resíduos para aterramento.

4.2.2. Índice de Qualidade de Usinas de compostagem

Para realização do trabalho será realizado a aplicação também Índice de Qualidade de Usinas de compostagem (IQC), desenvolvido pela CETESB (2013), devido ao aterro sanitário de Belo Horizonte apresentar uma usina de compostagem. O IQC permite o enquadramento do sistema analisado em duas condições: inadequadas e adequadas, conforme a pontuação atingida dentro de um limite de 0 a 10 pontos, sendo analisados por meio de questionários os seguintes itens:

- I. Características do Local

- II. Infraestrutura Implantada
- III. Condições Operacionais

Cada item avaliado apresenta um valor inserido no formulário que ao ser somado contribui para o cálculo do IQC. Com os valores obtidos pelo somatório de todos os parâmetros de cada subtotal determina-se o valor do IQC a partir da [Equação 2](#):

$$\text{Equação 2: } IQC = \frac{SubTotal I + SubTotal II + SubTotal III}{13,3}$$

O formulário, quando preenchido, permite alcançar uma nota que enquadra as instalações de destinação final de resíduos urbanos em três condições apresentadas na [Tabela 4](#) abaixo:

Tabela 4 Classificação do local de estudo por meio do cálculo do IQC

Intervalo de Valores do IQR	Classificação alcançada
0 a 6,0	Inadequadas
6,1 a 8,0	Controladas
8,1 a 10	Adequadas

Fonte: CETESB, (2013)

O preenchimento do formulário do IQR foi realizado juntamente com o técnico responsável pelo gerenciamento do aterro sanitário, podendo assim realizar uma análise mais efetiva sobre cada item do IQR

O modelo do “check list” do IQC foi adaptado para que possa atender as condições da Usina de Compostagem de Belo Horizonte-MG, visto que o local não funciona como uma usina de triagem.

4.3. Aplicação da matriz SWOT

A partir dos levantamentos das características de funcionalidade da CTRS de Belo Horizonte, para aplicação do IQR/IQC, foi realizada a análise SWOT. Segundo Harrison (2010), tal ferramenta é utilizada para correlacionar fatores, permitindo um exame das forças internas e externas da organização, bem como suas oportunidades de crescimento e as ameaças que o ambiente externo apresenta em relação ao empreendimento.

Foram levantadas para a análise SWOT as características, “fraqueza”, “forças”, “ameaças”, “oportunidades” do Aterro Sanitário de Belo Horizonte, cruzando tais

características com a finalidade de delinear estratégias importantes para um melhor funcionamento da organização.

5. RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1. Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR)

Os dados sobre as características da área foram mencionados na metodologia do trabalho. Os fatores sobre a características da área foram levantados e avaliados de acordo com as planilhas do IQR, conforme a [Tabela 5](#).

Tabela 5 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados a característica da área do aterro da BR040, Belo Horizonte-MG.

ITEM	SUBITEM	Avaliação	Peso	Ponto
Característica da área	28.Proximidade de núcleos habitacionais	=> 500	2	
		<500	0	0
	29.Proximidade de corpos d'água	=> 200	2	
		<200	0	0
Subtotal			0	

5.1.1. Estruturas de apoio/Outras informações

Os limites do aterro são constituídos por estruturas de proteção e isolamento, em parte por muro de placas em “V” e em parte por muro de alvenaria. Essa estrutura apresenta necessidade de intervenção, uma vez que atualmente se observam, em vários pontos, falhas devido à depredação ([Figura 16](#)).

Figura 16 - Isolamento por muro de placas da CTRS BR040



O aspecto de toda estrutura do aterro pode ser facilmente visualizado, desde as vias de acesso quanto dos bairros adjacentes. O aterro apresenta duas portarias com cancelas,

juntamente com um sistema de vigilância fornecida pela empresa contratada (terceirizada), visando coibir a entrada de pessoas não autorizadas e animais. Contudo, tais sistemas não se mostram eficientes, podendo-se encontrar pessoas não autorizadas percorrendo toda área do aterro, além da presença de vários animais, principalmente cavalos e cães ([Figura 17](#) e [Figura 18](#)).

Figura 17 - Portarias do CTRS BR040



Figura 18 - Presença de animais na CTRS BR040



Para os itens “Estrutura de Apoio” e “Outras Informações” foi realizada a avaliação dos subitens da planilha para cálculo do IQR, de acordo com a [Tabela 6](#).

Tabela 6 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados às estruturas de apoio e outras informações do aterro da BR040, Belo Horizonte-MG

Item	Subitem	Avaliação	Peso	Ponto
Estrutura de apoio	1.Portaria, Balança e Vigilância	Sim/Suficiente	2	
		Não/Insuficiente	0	0
	2.Isolamento Físico	Sim/Suficiente	2	
		Não/Insuficiente	0	0
	3.Isolamento Visual	Sim/Suficiente	2	
		Não/Insuficiente	0	0
	4. Acesso à Frente de Descarga	Adequado	3	3
		Inadequado	0	
Outras Informações	23.Presença pessoas não autorizada	Não	2	
		Sim	0	0
	24.Queima de Resíduos	Não	2	2
		Sim	0	
	25.Ocorrência de Moscas e Odores	Não	2	
		Sim	0	0
	26.Presença de Aves e Animais	Não	2	2
		Sim	0	
	27.Recebimento de resíduos não autorizados	Não	2	2
		Sim	0	
Subtotal			9	

5.1.2. Estruturas de proteção ambiental

O sistema de drenagem de águas pluviais foi implantado ao longo dos últimos anos de sua operação, e é evidenciado em todo o limite das áreas operacionais do aterro a presença de sistemas de canaletas de alvenaria e de escadas de dissipação de energia hidráulica. Contudo, grande parte dos dispositivos estão danificados ou apresentam desgastes, havendo necessidade de manutenção corretiva ([Figura 19](#)~~Figura 19~~).

Figura 19 - Sistema de Drenagem danificados na CTRS BR040



Com relação ao efluente gerado no aterro sanitário, não há nenhum sistema de tratamento do mesmo, e todo lixiviado é direcionado para a rede da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) para tratamento na ETE Onça, definido por meio de um contrato de cooperação técnica. Todo o efluente gerado pelo aterro sanitário de Belo Horizonte é monitorado e passa por análises químicas para a verificação da conformidade com os padrões de lançamento da COPASA ([Figura 20](#)[Figura 20](#)).

Figura 20 - Vertedouro e tanques de líquido percolado da CTRS BR040



O sistema de drenagem de gases é monitorado de forma qualitativa e sistemática desde 1998, assim como vem sendo captado e utilizado pela empresa ASJA para reaproveitamento de energia desde 2002. São verificados em todo o maciço do aterro, poços de gases que são

redirecionados a estações para reaproveitamento de energia. Mas, contudo, pode-se observar que a manutenção, em alguns pontos, demora a ser realizada, podendo acarretar no vazamento de gases, levando à poluição da atmosfera ([Figura 21](#)Figura 21).

Figura 21 - Poços de gás danificados da CTRS BR040



No aterro sanitário de Belo Horizonte é realizado o monitoramento físico e químico das águas superficiais e subterrâneas periodicamente. A coleta de amostras dos mananciais superficiais é realizada nos 3 córregos existentes dentro da área do aterro, no caso das águas subterrâneas são amostrados 39 poços construídos para essa finalidade. A frequência para a coleta das águas superficiais é mensal e para águas subterrâneas é trimestral ([Figura 22](#)Figura 22).

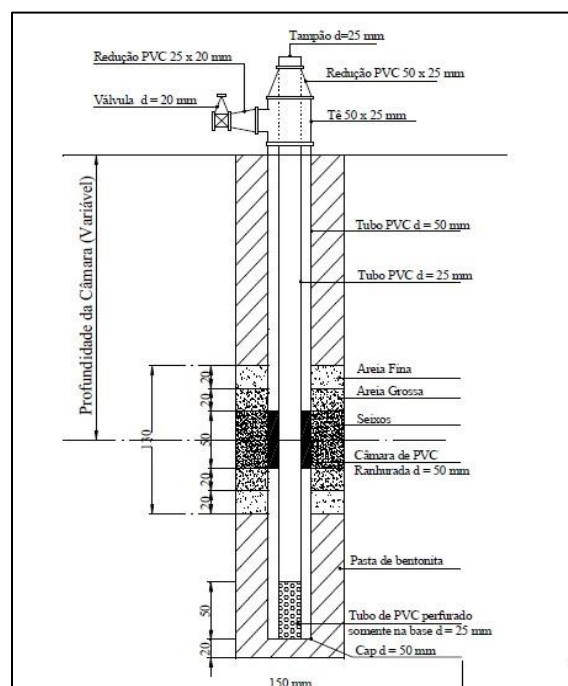
Para avaliação das águas subterrâneas, é adotada a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde – (MS, 2011), que “estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano”. Já para avaliação da qualidade das águas superficiais, são considerados os limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 430 – (BRASIL, 2011) para coleções de água classe 2.

Figura 22 - Coleta de água superficial em um dos pontos de monitoramento da CTRS BR040



Na CTRS BR040 é realizado o monitoramento geotécnico, a fim de monitorar o maciço do aterro. Foram instalados 9 piezômetros no dique de contenção do aterro, além da utilização dos poços de gases da ASJA para esse monitoramento. Tais equipamentos têm o objetivo de acompanhar os níveis de pressões nos líquidos e nos gases, além de identificar a possível formação de níveis suspensos de líquidos no interior das células ([Figura 23](#)[Figura 23](#)).

Figura 23 - Detalhe do Piezômetro instalado



Fonte: Catapreta; Simões, (2016).

Outra tecnologia utilizada é a utilização de medidas de recalques superficiais através dos medidores de recalque, que tem por objetivo analisar os deslocamentos horizontais e verticais, possibilitando a avaliação mais completa dos padrões de deslocamento e a identificação de fragilidades (Figura 24).

Figura 24 - Medidores de Recalque



Fonte: Catapreta; Simões, (2016).

Para o item de “Estrutura de proteção ambiental”, foi realizada a avaliação dos subitens da planilha para cálculo do IQR, de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados estruturas de proteção ambiental do aterro da BR040, Belo Horizonte-MG

ITEM	SUBITEM	Avaliação	Peso	Ponto
Estrutura de proteção ambiental	14.Impermeabilização do Solo	Sim/Adequada/ N.preencher item 15)	10	10
		Não/Inadequada/Preencher item 15)	0	
	15.Prof.Lençol Freat(p)xPermeabilziade do solo(k)	p>3m, k<10-6 cm/s	4	
		1<=p, k<10-6 cm/s	2	
		Condição Inadequada	0	
	16.Drenagem de Chorume	Sim/Suficiente	4	4
		Não/Insuficiente	0	
	17.Tratamento do Chorume	Sim/Adequado	4	4
		Não/Inadequado	0	
	18.Drenagem de águas provisórias de águas pluviais	Suficiente/Desnecessário	3	
		Não/Insuficiente	0	0
	19.Drenagem definitiva de águas pluviais	Suficiente/Desnecessário	4	
		Não/Insuficiente	0	0
	20.Drenagem de gases	Suficiente/Desnecessário	4	4
		Não/Insuficiente	0	
	21.Monitoramento de águas subterrâneas	Adequado	4	4
		Inadequado/Insuficiente	1	
		Inexistente	0	
	22. Monitoramento Geotécnico	Adequado/Desnecessário	4	4
		Inadequado/Insuficiente	1	
		Inexistente	0	
Subtotal			30	

5.1.3. Taludes e bermas/Superfície superior

A reabilitação e a recuperação da área onde se encontra o aterro sanitário de Belo Horizonte foi iniciada mesmo antes do encerramento das atividades de disposição de resíduos, por meio do programa de manejo de áreas verdes. Segundo o Relatório Diagnóstico da Prefeitura de Belo Horizonte 2015, para a cobertura dos taludes foi aplicada uma camada de solo vegetal, sendo 292.000 m² de grama batatais (*Paspalum notatum*), 39.630 m² de taludes cobertos com esteira vegetal (coquetel de sementes), 32.271 m² de taludes plantados com grama esmeralda (*Zoysia japonica*) e 1.887 m² de taludes de aterro plantados com variedades invasoras, totalizando cerca de 366.000 m² (Figura 25Figura 25).

Figura 25- Cobertura Vegetal da CTRS BR040



Com relação à superfície superior do aterro, essa se encontra nivelada, não comprometendo a homogeneidade da cobertura. Não foram identificados afloramentos de chorume de aterro, evidenciando a eficiência da impermeabilização do solo e drenagem do chorume.

Para os fatores dos “Superfície Superior” e “Taludes e Bermas” foi feita a avaliação dos itens da planilha para o cálculo do IQR (Tabela 8Tabela 8).

Tabela 8 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados superfície superior e taludes e bermas do aterro da BR040, Belo Horizonte-MG

ITEM	SUBITEM	Avaliação	Peso	Ponto
Taludes e Bermas	8.Dimensões e inclinações	Adequado	4	4
		Inadequado	0	
	9.Cobertura de Terra	Adequado	4	4
		Inadequado	0	
	10.Proteção Vegetal	Adequado	3	3
		Inadequado	0	
	11.Afloramento de Chorume	Não/Raros	4	4
		Sim/Numerosos	0	
Superfície Superior	12. Nivelamento da Superfície	Adequado	5	5
		Inadequado	0	
	13.Homogeinidade da Cobertura	Sim	5	5
		Não	0	
Subtotal			25	

5.2. Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem IQC

5.2.1. Característica do local

A unidade de compostagem está inserida na área da CTRS, bem próximo a aglomerações urbanas e a corpos d'água, como já citado anteriormente. Os resíduos são recolhidos em supermercados, hortifrúti cadastrados e restaurantes populares, a esses resíduos são agregadas podas de árvores, proveniente de podas realizadas pela prefeitura. A poda recolhida é triturada e misturada aos resíduos orgânicos, onde permanece no pátio de compostagem por aproximadamente 4 meses (120 dias) para a decomposição completa e produção do composto.

Para o item de “Característica do local”, foram feitas as avaliações dos subitens conforme a planilha de cálculo do IQC [Tabela 9](#).

Tabela 9 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados a característica do local da usina de compostagem da BR040, Belo Horizonte-MG

ITEM	SUBITEM	Avaliação	Peso	Ponto
Característica do local	1.Proximidades a núcleos urbanos	Longe >500m	4	
		Próximo	0	0
	2.Proximidades de corpos hídricos	Longe >200m	4	
		Próximo	0	0
	3.Profundidade do lençol freático	Maior de 3	2	2
		De 1 a 3	1	
		De 0 a 1m	0	
	4.Permeabilidade do solo	Baixa	2	2
		Média	1	
		Alta	0	
	5.Condições de sistema viário, trânsito e acesso	Boas	2	
		Regulares	1	1
		Más	0	
	6.Isolamento Visual da Vizinhança	Bom	2	2
		Mau	0	
	7.Legalidade da localização	Permitido	4	4
Proibido		0		
SUBTOTAL			11	

5.2.2. Infraestrutura Implantada

A unidade de compostagem apresenta 2 pátios com pisos impermeabilizados com asfalto, com declividade de 2% em relação ao ponto de captação de efluentes, para o escoamento dos líquidos lixiviados oriundos da decomposição da matéria orgânica. O efluente é destinado ao sistema de drenagem do aterro sanitário e direcionado a rede da COPASA para tratamento na ETE Onça ([Figura 26](#)).

Figura 26 - Caixa coletora de percolado e pátio de compostagem



O composto, após sua maturação, é armazenado em um galpão para reduzir a influência das condições climáticas ([Figura 27](#)).

Figura 27 - Galpão da compostagem da CTRS BR040



Para o item de “Infraestrutura implantada”, foram feitas as avaliações dos subitens conforme a planilha de cálculo do IQC [Tabela 10](#)~~Tabela 10~~.

Tabela 10 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados infraestrutura implantada da usina de compostagem da BR040, Belo Horizonte-MG

ITEM	SUBITEM	Avaliação	Peso	Ponto
Infraestrutura Implantada	8.Aterro sanitário para Rejeitos	Adequado	20	20
		Controlado	10	
		Inexistente	0	
	9.Cercamento da área	Sim/Desnec	1	
		Não	0	0
	10.Balança	Sim/Desnec	2	2
		Não	0	
	11.Portaria ou Guarita	Sim/Desnec	2	2
		Não	0	
	12.Controle de recebimento de cargas	Sim	2	2
		Não	0	
	13.Poço de recepção ou tremonha	Sim/Desnec	4	4
		Não	0	
	14.Esteira de Catação	Sim/Desnec	5	5
		Não	0	
	15.Pátio de cura	Sim	4	4
		Não	0	
	16.Impermeabilização do pátio de cura	Existente	5	5
		Insuficiente	2	
		Inexistente	0	
	17.Equipamentos para revidade de leiras	Sim/Desnec	2	2
		Não	0	
	18.Instalações de Apoio	Boas	3	
		Regulares	1	1
		Inexistente	0	
	19.Drenagem de líquidos percolados	Sim	2	2
		Não	0	
	20.Drenagem de águas pluviais	Sim	2	2
		Não	0	
	21.Sistema de tratamento de líquido percolado	Sim	2	2
		Não	0	
	22.Monitoramento das águas subterrâneas	Sim	2	2
		Não	0	
SUBTOTAL			55	

5.2.3. Condições Operacionais

A primeira etapa de operação é o recebimento dos resíduos orgânicos e das podas de árvores, onde o resíduo é pesado e tem seus dados registrados. Os resíduos são despejados no piso dos pátios, onde ocorre a triagem feita pelos funcionários, sendo posteriormente misturadas as podas de árvores. As leiras formadas pela mistura dos resíduos são monitoradas e passam por reviramentos de acordo com cronogramas confeccionados pelos responsáveis do setor. Ocorre o monitoramento da temperatura das leiras, verificando a necessidade do reviramento e

molhamento caso a temperatura chegue a 70 °C. A maturação do composto acontece aproximadamente em 120 dias. Após tal período, o composto é deslocado aos galpões cobertos e permanecem no local até que haja solicitação de retirada.

Mensalmente são amostradas 5 leiras para realização de análises no laboratório interno da CTRS. As leiras amostradas são aquelas que completam 7, 30, 60, 90 e 120 dias em determinado mês. Os parâmetros analisados são, umidade, pH, densidade e sólidos voláteis. Devido ao fato de não estarem sendo realizadas análises físico-químicas completas, o composto produzido não pode ser utilizado em hortas e similares, apenas em área de plantio de vegetação de paisagismo geral.

Para o item de condições operacionais foram feitas as avaliações dos subitens conforme a planilha de cálculo do IQC [Tabela 11](#)~~Tabela 11~~.

Tabela 11 - Avaliação e pontuação dos itens relacionados a condições operacionais da usina de compostagem da BR040, Belo Horizonte-MG

ITEM	SUBITEM	Avaliação	Peso	Ponto
Condições operacionais	23.Aspecto Geral da Usina	Bom	5	
		Regular	3	3
		Mau	0	
	24.Existencia de Moscas	Pouca	3	
		Normal	1	1
		Excessiva	0	
	25.Exalação de odores	Só próx. as leiras	5	
		Dentro da usina	3	
		Fora da usina	0	0
	26.Capacidade de poço de recepção/tremonha	Suficiente	4	4
		Insuficiente	0	
	27.Triagem	Eficiente	5	5
		Regular	2	
		Inexistente	0	
	28.Controle de revirada das leiras	Eficiente	6	6
		Regular	3	
		Inexistente	0	
	29.Controle de umidade nas leiras	Eficiente	4	4
		Regular	2	
		Inexistente	0	
	30.Controle de temperatura nas leiras	Eficiente	4	4
		Regular	2	
		Inexistente	0	
	31.Controle de Ph das leiras	Eficiente	4	4
		Regular	2	
		Inexistente	0	
	32.Peneiramento depois da cura	Eficiente/Desnec	2	2
		Regular	1	
		Inexistente	0	0
	33.Qualidade do material reciclado	Bom	4	
		Regular	2	2
		Má	0	
	34.Funcionamento do sist. drenagem de liq. percolados	Eficiente	4	
		Regular	2	2
		Inexistente	0	
	35.Funcionamento do sist. drenagem de águas pluviais	Eficiente	2	
		Regular	1	1
		Inexistente	0	
	33.Funcionamento do sist. tratamento de liq. Percolados	Eficiente	3	3
		Regular	1	
		Inexistente	0	
Subtotal			41	

Com a metodologia aplicada pôde-se perceber as maiores fragilidades do aterro conforme os itens do IQR. Dentre os itens avaliados, aquele que mais decresceu o índice foi de “Estruturas de Apoio”, devido aos problemas com o isolamento físico e visual do aterro, juntamente com a insuficiência do serviço de vigilância, como já descritos acima. Outros itens que se mostraram ser bastante significativos para a redução do IQR foram “Características da área” e “Outras informações”, porque, como já listados anteriormente a presença de corpos d’água na área do aterro, a proximidade de núcleos populacionais e a presença de animais e pessoas não autorizadas na área do aterro podem causar grandes riscos sociais e ambientais. Outro fator bastante relevante verificado foi a falta de manutenção nos dispositivos de drenagem de águas pluviais e gases, sendo um dos subitens que alavancaram a queda do IQR. Contudo, em função dos monitoramentos periódicos e adequados, juntamente com a destinação e drenagem correta dos lixiviados, o IQR, baseado no somatório de todos os itens, aumenta, fazendo com que o local fosse avaliado em “**condições controladas**”.

Em um estudo similar Alves (2015) aplicou o IQR nos aterros de Campo Mourão e Cianorte no estado do Paraná. O aterro de Campo Mourão também apresentou “condições controladas”, por apresentar condições parecidas com o aterro sanitário de Belo Horizonte, apesar da insuficiência das condições de drenagem de águas pluviais e a presença de animais nas áreas no aterro. Em outro estudo com a aplicação do IQR, realizado por Andrade, Serra e Andrade (2013) no aterro sanitário de Palmas – TO, foi evidenciando que as condições do local se encontravam “controladas”, similar ao encontrado para o aterro sanitário de Belo Horizonte.

A usina de compostagem do aterro da BR040 obteve o IQC correspondente a “**condições adequadas**”. Apesar do item “Características da área” ter uma pontuação baixa, devido ao fato da usina estar situada a menos de 500m de núcleos populacionais e próximo a corpos hídricos, a usina teve essa classificação devido ao fato dos monitoramentos adequados, periódicos e controle físico do composto, além de boas condições operacionais.

As planilhas do IQR e IQC tiveram uma aplicação prática no aterro sanitário e na usina de compostagem de Belo Horizonte, o resultado da avaliação final revelou que o aterro se encontra em condições controladas e a usina de compostagem em condições adequadas. No [Apêndice 1](#) e [Apêndice 2](#) são apresentadas as tabelas com a síntese da mensuração dos resultados e a qualificação do aterro e da usina de compostagem conforme parâmetros da metodologia de cálculo do IQR e do IQC.

5.3. Análise SWOT

A partir do levantamento das características de funcionalidade do Aterro de Belo Horizonte, foi realizada a análise SWOT levantando as “fraquezas”, as “forças”, as “ameaças” e as “oportunidades”, incluindo dados levantados a partir do IQC e IQC, aplicados na CTRS BR040 (Tabela 12Tabela 12).

Tabela 12 Relação das Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças (SWOT)

	Internos		Externos	
	Forças		Oportunidades	
Positivos	A CTRS de Belo Horizonte apresenta multiprogramas (reciclagem de entulhos de construção civil, usina de compostagem, unidade de recolhimento de pneus, central de reaproveitamento energético do biogás). A transformação da antiga área do lixão de Belo Horizonte em aterro sanitário mitigou grande parte dos impactos gerados. Os monitoramentos adequados em toda CTRS contribuem para as melhorias nos funcionamentos dos serviços realizados Está presente dentro de uma área urbana, o que pode acarretar no interesse da população residente em uma futura área de recreação. Projeto Paisagístico para a CTRS.		Criação de um parque ecológico para reinserção social e urbana. Melhorias na unidade de compostagem, podendo assim comercializar o composto. Realização de programas de educação ambiental para a população. Instalação de painéis de células fotovoltaicas no plateau do aterro.	
	Fraquezas		Ameaças	
Negativos	Falta de investimento da prefeitura para melhorias no Aterro Sanitário.. Não há incentivo por parte da SLU para os estabelecimentos cadastrados no programa de compostagem. Dificuldade de ampliação da coleta de resíduos orgânicos para outros grandes geradores/Dificuldade de aumentar o volume compostado. Falta de programas de educação ambiental para a população. Ineficiência da segurança, permitindo a entrada de pessoas não autorizadas. Falta de manutenção das estruturas prejudicando suas funções.		Depredação e vandalismo das estruturas do aterro. Sistema de drenagem comprometidos devido à falta de manutenção. Deposição clandestina de resíduos no entorno do aterro Tubulações de recolhimento de gás metano sem manutenção. Presença de animais na área do aterro. Falta de qualidade dos resíduos orgânicos que são encaminhados a usina de compostagem, comprometendo a qualidade do composto.	

A partir da aplicação da análise SWOT e do IQR e IQC, pôde-se reunir diversas informações sobre a gestão e infraestrutura do Aterro Sanitário de Belo Horizonte.

- Forças

É importante salientar que antes da implantação do aterro sanitário, a área era composta por um lixão, o que acarretava diversos impactos ambientais e sociais na região, como a poluição do solo e dos corpos hídricos existentes, presença de catadores sendo expostos a

contaminantes e vetores de doenças. Segundo Araújo (2015), que realizou a avaliação dos impactos ambientais no lixão no município de Itaporanga -PB, o meio físico é mais afetado, sendo a poluição do solo, das águas e alteração na capacidade de uso da terra, os impactos com mais intensidade. Porém deve-se ressaltar a proliferação de macro e microvetores de doenças, que podem ocasionar problemas à saúde humana, como doenças respiratórias e pulmonares, deficiências hepáticas, problemas neurológicos e renais (Costa et al, 2016).

Um fator de extrema importância do aterro sanitário de Belo Horizonte é a aplicação dos seus multiprogramas inseridos na sua área, como a reciclagem de entulhos que transforma o resíduo em agregado reciclado, podendo ser reintroduzido na cadeia da construção civil. Outro programa bastante representativo é a central de tratamento de gás, segundo BELO HORIZONTE (2015), com sua implantação deixou de ser lançado cerca de 4 milhões de toneladas de resíduos equivalentes ao CO₂. Também é presente a unidade de compostagem, que tem parceria com aproximadamente 40 estabelecimentos entre sacolões e restaurantes públicos e privados, produzindo 2,3 mil toneladas de compostos por ano. Todos os programas da CTRS são gerenciados por uma equipe técnica qualificada, o que potencializa as operações dos multiprogramas realizados.

Os monitoramentos adequados realizados na CTRS de Belo Horizonte têm papel fundamental nas tomadas de decisões, permitindo o controle operacional e minimização dos impactos ambientais gerados. Apesar de não haver tratamento do líquido percolado, o aterro sanitário juntamente com a unidade de compostagem encaminha os líquidos percolados a rede da COPASA, onde ocorre o tratamento na ETE Onça.

A CTRS apresenta um projeto paisagístico para requalificar e/ou recuperar os microambientes degradados dentro da CTRS BR-040, em virtude dos mais de 30 anos de alterações no meio local, além de ter sido realizado a recomposição vegetal dos taludes do aterro sanitário.

- Ameaças e Fraquezas

Foi possível constatar presença de animais dentro dos limítrofes do aterro, principalmente equinos pertencentes aos moradores da região. Segundo Alves (2015), em um estudo semelhante nos aterros sanitários de Cianorte e Campo Mourão, foi identificado a

presença de animais nas áreas do aterro, ocasionando também a redução no IQR aplicado nas áreas de estudo.

Outro fator identificado na área de estudo, foram as depreciações de equipamentos e vandalismo a estruturas do local, tais acontecimentos são comuns a este tipo de empreendimento. Em um estudo realizado por Rosado (2018) no aterro de Paiçandu no estado do Paraná, foi constatado o roubo da balança rodoviária, o que comprometeu todo o controle do recebimento de cargas do aterro estudado. Tais acontecimentos podem estar ligados a falta de programas de educação ambiental à população do entorno.

O sistema de drenagem de águas pluviais presente se encontra comprometido devido à falta de manutenção, principalmente as escadas situadas nos taludes, favorecendo a ocorrência de processos erosivos nos taludes do aterro. Outro impacto relacionado ao sistema de drenagem comprometido é que a produção de chorume aumenta, devido a infiltração de água no maciço do aterro, podendo comprometer o sistema de drenagem de percolado (D'ALMEIDA, 2002).

A drenagem de gases se apresenta comprometida, alguns drenos não se encontram vedados adequadamente, tal ocorrência pode acarretar na instabilidade do maciço, gerando trincas em toda área do aterro. De acordo com a NBR 13.896 (1997) o aterro deve ser projetado de maneira a minimizar as emissões gasosas e promover a captação e tratamento adequados das eventuais emanações.

Percebe-se a falta de manutenção em setores do aterro sanitário de Belo Horizonte, diminuindo a qualidade de ação de diversos dispositivos, tal problema pode ser dado pela falta de investimento público no setor. De acordo com ABETRE (2009), os aterros sanitários são classificados como construção com fornecimento de serviços a longo prazo. Quando ocorre a implantação de aterro sanitários, na maioria das vezes, não são considerados os gastos com obras de encerramento e pós encerramento, tais etapas são subestimadas no ciclo de vida da obra comprometendo o encerramento do mesmo.

Com relação à usina de compostagem pôde-se perceber a falta de incentivo aos sacolões e hortifrutis cadastrados, o que favorece a má qualidade do composto que é encaminhado a usina, comprometendo toda sua operacionalidade.

- Oportunidades

Com relação as oportunidades levantadas pela análise SWOT, a unidade de compostagem tem um enorme potencial para SLU, tanto para o desenvolvimento de projetos de educação ambiental quanto para ganho financeiro, mas para que isso ocorra deve-se melhorar o funcionamento do setor. Para melhorar a qualidade do composto, deve-se adotar medidas de incentivo aos hortifrutis e sacolões cadastrados, além de treinamento periódico sobre o sistema de compostagem tanto para os funcionários quanto aos empreendimentos cadastrados. Tais medidas irão melhorar a qualidade dos resíduos orgânicos que são encaminhados à usina de compostagem, conseqüentemente melhorando a qualidade do composto, visto que um dos principais problemas na qualidade do produto final é a falta de qualidade dos resíduos orgânicos que são encaminhados a usina. Flamholtz (1996) considera que quando colaboradores de um empreendimento que desempenham suas funções de forma adequadas, esperam ser reconhecidos e recompensados.

A incorporação de projetos de educação ambiental nas áreas do aterro sanitário de Belo Horizonte, pode contribuir para a melhoria de funcionalidades dos programas, problemas de vandalismos e depreciação das infraestruturas presentes. Segundo Shigunov Neto e Fortunato (2016) é através de projetos de educação ambiental que o jovem se conscientiza que faz parte do meio, deixando o papel do ouvinte de lado e acrescentando sua contribuição com ações que também podem mudar o mundo. Dessa forma aprende a importância do manejo dos resíduos sólidos, reciclagem e a necessidade aproveitamento do resíduo orgânico.

Como citado no referencial teórico do trabalho a requalificação da área do aterro sanitário em parques ecológicos, juntamente com sistemas de energia renovável pode ser bastante promissora, visto que a presença de parques melhora a qualidade de vida da população que tem acesso a esse serviço, além de ser uma estratégia que pode beneficiar o município economicamente.

Foi publicado pela Prefeitura de Belo Horizonte, o edital do Procedimento de Manifestação de Interesse – PMI Energias Renováveis, tendo finalidade viabilizar a instalação, operação e manutenção de central(is) geradora(s) de energia por meio de células fotovoltaicas e por meio aproveitamento energético da biomassa oriunda dos resíduos da poda, supressão, secção de raízes e destoca de árvores nas vias públicas municipais Tais estruturas podem

beneficiar o município com contrapartida social e financeira decorrente da economia com o pagamento das contas de energias dos equipamentos e edificações utilizados pelo Município.

De acordo com Lopes (2017) o sistema de geração de energia fotovoltaica em aterros sanitários se mostra possível de ser instalado e viável economicamente, sendo uma oportunidade financeira bastante significativa aos municípios.

6. CONCLUSÕES

Os resultados do estudo mostraram a viabilidade e importância da aplicação do índice de qualidade, também em um aterro sem atividades de aterragem. Por meio da aplicação do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) e do Índice de Qualidade de Compostagem (IQC) da CETESB (2013) foi possível avaliar a situação em que se encontra a Central de Tratamento de Resíduos da BR04. Tanto o aterro sanitário quanto o setor de compostagem obtiveram classificação “Condições controladas”.

Com a associação da metodologia do IQR/IQC e da análise SWOT pôde-se identificar as fragilidades e as potencialidades da área de estudo, sendo vislumbrados cenários para melhorias nas funcionalidades de vários setores do aterro. A metodologia empregada analisou importantes fatores da gestão, expondo ações que podem contribuir na superação dos pontos frágeis e intensificação dos pontos positivos.

A transformação de aterros sanitários em parques ecológicos, com centrais geradoras de energia solar, se mostra uma opção promissora e rentável. Parques melhoram a qualidade de vida da população que tem acesso ao serviço, além de readequar tal área que não seria utilizada, e tais ações geram benefícios diretos e indiretos à população, ao meio e à economia.

Vale ressaltar que o atual quadro de disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, faz necessária a introdução de políticas públicas para requalificação de áreas disposição de resíduos, haja vista os impactos socioeconômicos, sanitários e ambientais decorrentes da má gestão desses locais de disposição.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS - ABELPRE; FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV. **Estudo sobre os aspectos econômicos e financeiros da implantação e operação de aterros sanitários**. Rio de Janeiro: FGV, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017** Disponível em: <http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf>. Acesso em: 28 out. 2019.

ANDRADE, T. C. C; SERRA, J. C. V.; ANDRADE, A. Barreira de. **Aplicação de uma ferramenta de gestão ambiental de qualidade de aterros de resíduos sólidos urbanos**. Revista de Ciências Ambientais, Canoas, v. 7, n. 2, p.45-56, 2013.

ARIEL SHARON PARK. **Israel`s Metropolitan Park**. 2019. Disponível em: <http://www.parksharon.co.il/html5/?_id=10365&did=10116&g=10365&title=english>. Acesso em: 15 out. 2019.

ALVES, J. E. P. **Índice de qualidade de aterro de resíduos: um estudo de caso nos municípios de Campo Mourão e Cianorte – Paraná**. 2015. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

ARAÚJO, T. B. **Avaliação De Impactos Ambientais Em Um Lixão Inativo No Município De Itaporanga** – PG. 2015. 47 f. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) –Centro de Ciências e Tecnologia

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8849**: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos - Procedimento. Rio de Janeiro, 1985. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12808**: Resíduos de serviços de saúde. Rio de Janeiro, 1993. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1996. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 77 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13896**: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997. 12 p.

BARROS, R. T. V. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

BELO HORIZONTE. Lei nº 10534, de 10 de setembro de 2012. **Dispõe sobre a limpeza urbana, seus serviços e o manejo de resíduos sólidos urbanos no Município, e dá outras providências.** Belo Horizonte, MG

BELO HORIZONTE. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (PMGIRS-BH).** Belo Horizonte: PBH, 2015.

BELO HORIZONTE. Superintendência de Limpeza Urbana. **Central de Tratamento de Resíduos Sólidos.** Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/slu/informacoes/coleta-seletiva/central-de-tratamento>>. Acesso em: 19 ago. 2018.

BORELLA, M.F.P. **Reintegração de aterros sanitários à paisagem urbana.** In: Seminário sobre Resíduos Sólidos (RESID 2004), 2; 2004. ABGE, São Paulo. Anais... (CD ROM).

BRASIL. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. **Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.** Publicada no Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 08 nov. 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 358, de 4 de maio de 2005. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 4 de maio de 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 13 de maio de 2011.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Governo Federal. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 204 p

BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos;** altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Planalto, Casa Civil, DOU 3 ago. 2010a

BRASIL. Ministério das Cidades. SNIS-Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos –2017.** Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 12 out. 2018.

CATAPRETA, C. A. A; SIMÕES, G. F. **Monitoramento Ambiental e Geotécnico de Aterros Sanitários.** In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 7., 2016, Campina Grande. Anais: IBEAS, 2016. p. 1 - 8. Disponível em:<<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/III-081.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2018.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM/IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado.** 2da edição São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 370 p.

CHIAVENATO, Idalberto; SAPIRO, Arão. **Planejamento Estratégico Fundamentos e Aplicações**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB, **Inventário Estadual de resíduos sólidos domiciliares 2013**. São Paulo.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB, **Inventário Estadual de resíduos sólidos domiciliares 2017**. São Paulo.

COSTAS, T.G.A.; IWATA, B.F.I.; CASTRO, C.P.C.; COELHO, J.V.C.; CLEMENTINO, G. C. S. C.; CUNHA, L.M.C.; **Impactos ambientais de lixão a céu aberto no Município de Cristalândia, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil**, Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade 79-86 p. 2016

D'ALMEIDA, Lixo **Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado** / Coordenação: Maria Luiza Otero D'Almeida, – 2.ed. Brasília: IPT/CEMPRE, 2002. – (Publicação IPT 2622). 392p.

EUA. GOVERNMENT VIRGINIA BEACH. **Mount Trashmore Park**. Disponível em: <<https://www.vbgov.com/government/departments/parks-recreation/parks-trails/city-parks/Pages/mount-trashmore-park.aspx>>. Acesso em: 14 out. 2019.

FARIA, F. S. **Índice de qualidade de aterros de resíduos urbanos**. 2002. 312 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

FERRELL, O. C.; HARTLINE, M.D. **Estratégias de Marketing**. 3. edição. São Paulo: Thomson, 2005.

FLAMHOLTZ, E. **Effective Organizational Control: A Framework, Applications, and Implications**, December 1996, European Management Journal Vol 14 Nº 6, 596- 611, 1996.

HARRISON, J. P. Strategic Planning and SWOT Analysis. In: HARRISON, Jeffrey P. **Essentials of Strategic Planning in Healthcare**. Chicago, USA: Health Administration Press, 2010, p. 91-97.

HARNIK, P.; TAYLOR, M.; WELLE, B. **From Dumps to Destinations: The Conversion of Landfills to Parks**. The Trust for Public Land. 2006a. p. 83-88. Disponível em: <http://tpl.org/content_documents/ccpe_places_article_8_06.pdf>. Acesso em 14 out. 2019.

INSTITUTO AUTOGLASS (Espírito Santo) (Org.). **Panorama da adequação metropolitanas à Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2017. Disponível em: <http://www.institutoautoglass.org.br/files/diagramacao_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 set. 2018.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - IPCC, 2014: Climate Change 2014: **Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

LATZ, **Tilman**. **Reabilitação do aterro de Hiriya, Tel Aviv**. Ri-vista, Florença, v. 2, p.54-67, abr. 2018.

LOPES, M. M. **Aproveitamento energético em aterros sanitários: análise da viabilidade técnica e econômica para o uso do biogás e instalação de painéis fotovoltaicos**. 2017. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017.

LISBOA. **Plano Municipal de Gestão de Resíduos do Município de Lisboa (2015-2020)**. Lisboa: Câmara Municipal e Direção Municipal de Higiene Urbana. 2016. 102 p.

LEITE, C. M. B.; BERNARDES, R. S. O.; SEBASTIÃO, A. **Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2004, 8: 111-5.

MESSICS, M. C. **Case Study Pennsauken Landfill Solar Project. Renewable Energy at Closed Landfills Workshop**. 2010. Disponível em: < <https://www.mass.gov/solar-massachusetts-renewable-target-smart> >. Acesso em: 15 out. 2019.

NÚCLEO SUDESTE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL - NUCASE. **Resíduos Sólidos: Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários**. Recesa, Belo Horizonte, v. 2, p.3-3, jun. 2008.

ORNELAS, A. R. **Aplicação de Métodos de Análise Espacial na Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C. Aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos sólidos urbanos no Aterro Sanitário de Puxinanã/PB. **Sustentabilidade em Debate, Brasília**, v. 8, n. 1, p.108-124, 17 mar. 2017. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/21163>>. Acesso em: 13 set. 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria MS Nº 2914 de 12/12/2011 (Federal). **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**.

ROSADO, A. M. **Avaliação da Condição do Aterro Municipal de Paiçandu/PR através do método IQR**. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 1., 2018, Gramado. Anais. Gramado: IBEAS, 2018. p. 1 - 7.

ROWE JUNIOR, E. **Diagnóstico ambiental da área do aterro sanitário do Município de Cascavel/PR**. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavél, 2007.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Resíduos Sólidos. **Cadernos de Educação Ambiental**. São Paulo: SMA, 2013.

SAMPSON, G. **Solar power installations on closed lanfills**: technical and regulatory considerations. 2009.

SOUSA, H. A. de; ROESER, H. M. P.; MATOS, A. T. de. **Métodos e técnicas aplicados na avaliação ambiental do aterro da BR-040 da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - MG**. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 4, n. 55, p.291-300, 07 nov. 2002

SILVA, E. **Técnicas de Avaliação de Impactos Ambientais**. CPT. Viçosa, MG, 1999, 64p.

SILVA, S.R.C.M. **Chorume como poluente em uma área experimental no aterro sanitário de Cuiabá - MT**. 2002. 130p. Dissertação (mestrado em Saúde Coletiva) – Instituto de Saúde Coletiva, Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, Universidade Federal de Mato Grosso. 2002.

SIMÕES, G. F. **Monitoramento Geotécnico do Aterro Sanitário de Belo Horizonte**. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental 29, San Juan, 22-27 ago. 2004. TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL S. A. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues**. New York: McGraw- Hill International Editions, 1993

TANSEL, B. et al. **Closed Landfills as Power Parks**: technical and economic feasibility of solar energy harvesting at Florida's closed landfills. 2010.

TOMMASI, L. R. **Estudos de Impacto Ambiental**. CETESB: Terragraph Artes e Informática. São Paulo, 1994

VAN ELK, A. G. H. P. **Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos**: Redução de emissões na disposição final. Rio de Janeiro: Ibam, 2007.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. Waste Characterization and Qualification with Projections for Future. In: **Developing Integrated Solid Waste Management Plan**, Training Manual, v. 1, 2009.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA; NREL - NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **Best practices for siting solar photovoltaics on Municipal Solid Waste Landfills**. 2013.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Municipal solid waste generation, recycling, and disposal in the United States: facts and figures for 2012.** 2012a.

WALL, D. K. & ZEISS, C. (1995). **Municipal landfill biodegradation and settlement.** *Journal of Environmental Engineering*, ASCE, v. 121, n.º 3, pp. 214-224;

8. APÊNDICE

Apêndice 1 - Resultados do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos

Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos										
Município: Belo Horizonte					Data 15/10/2019					
Local: Aterro Sanitário de Belo Horizonte										
Bacia Hidrográfica: Bacia do Rio São Francisco										
ITEM	SUB-ITEM	Avaliação	Peso	Ponto	ITEM	SUB-ITEM	Avaliação	Peso	Ponto	
ESTRUTURA DE APOIO	1.Portaria,Balança e Vigilância	Sim/Suficiente	2		Superfície Superior	12. Nivelamento da Superfície	Adequado	5	5	
		Não/Insuficiente	0	0			Inadequado	0		
	2.Isolamento Físico	Sim/Suficiente	2		13.Homogeinidade da Cobertura	Sim	5	5		
		Não/Insuficiente	0	0		Não	0			
	3.Isolamento Visual	Sim/Suficiente	2		23.Presença pessoas não autorizada	Não	2			
		Não/Insuficiente	0	0		Sim	0	0		
	4. Acesso a Frente de Descarga	Adequado	3	3	24.Queima de Resíduos	Não	2	2		
		Inadequado	0			Sim	0			
Taludes e Bermas	8.Dimensões e inclinações	Adequado	4	4	Outras Informações	25.Ocorrência de Moscas e Odores	Não	2		
		Inadequado	0				Sim	0	0	
	9.Cobertura de Terra	Adequado	4	4		26.Presença de Aves e Animais	Não	2	2	
		Inadequado	0				Sim	0		
	10.Proteção Vegetal	Adequado	3	3		27.Recebimento de resíduos não autorizados	Não	2		
		Inadequado	0				Sim	0		
	11.Afloramento de Chorume	Não/Raros	4	4		28.Proximidade de núcleos habitacionais	=> 500	2		
		Sim/Numerosos	0				<500	0	0	
Estrutura de proteção ambiental	14.Impermeabilização do Solo	Sim/Adequada/ N.preencher item 15)	10	10	Característica da área	29.Proximidade de corpos d'água	=> 200	2		
		Não/Inadequada/Preencher item 15)	0				<200	0	0	
	15.Prof.Lençol Freat(p)xPermeabilziade do solo(k)	p>3m, k<10-6 cm/s	4		Total Máximo					
		1<=p, k<10-6 cm/s	2							85
		Condição Inadequada	0							64
	16.Drenagem de Chorume	Sim/Suficiente	4	4	IQR= ∑ dos itens /8,5					
		Não/Insuficiente	0							7,5
	17.Tratamento do Chorume	Sim/Adequado	4	4						IQR
		Não/Inadequado	0		Avaliação					
	18.Drenagem de águas provisórias de águas pluviais	Suficiente/Desnecessário	3		0 à 6.0	Situação Inadequada				
		Não/Insuficiente	0	0						
	19.Drenagem definitiva de águas pluviais	Suficiente/Desnecessário	4		6.0 à 8.0	Situação Controlada				
		Não/Insuficiente	0	0						
	20.Drenagem de gases	Suficiente/Desnecessário	4	4	8.0 à 10	Situação Adequada				
		Não/Insuficiente	0							
	21.Monitoramento de águas subterrâneas	Adequado	4	4						
		Inadequado/Insuficiente	1							
		Inexistente	0							
22. Monitoramento Geotécnico	Adequado/Desnecessário	4	4							
	Inadequado/Insuficiente	1								
	Inexistente	0								

Apêndice 2- Resultado do Índice de Qualidade de Usina de Compostagem

Índice de Qualidade de Usina de Compostagem											
Município: Belo Horizonte					Data 15/10/2019						
Local: Aterro Sanitário de Belo Horizonte											
Bacia Hidrográfica: Bacia do Rio São Francisco											
ITEM	SUB-ITEM	Avaliação	Peso	Ponto	Condições operacionais						
Característica do local	1.Proximidades a núcleos urbanos	Longe >500m	4			23.Aspecto Geral da Usina	Bom	5			
		Próximo	0	0			Regular	3	3		
	2.Proximidades de corpos hídricos	Longe >200m	4			24.Existencia de Moscas	Mau	0			
		Próximo	0	0			Pouca	3			
	3.Profundidade do lençol freático	Maior de 3	2	2		25.Exalação de odores	Normal	1	1		
		De 1 a 3	1				Excessiva	0			
		De 0 a 1m	0				Só próx. as leiras	5			
	4.Permeabilidade do solo	Baixa	2	2		26.Capacidade do poço de recepção/tremomha	Dentro da usina	3			
		Média	1				Fora da usina	0	0		
	5.Condições de sistema viário,trânsito e acesso	Alta	0			27.Triagem	Suficiente	4	4		
		Boas	2				Insuficiente	0			
		Regulares	1	1			Eficiente	5	5		
	6.Isolamento Visual da Vizinhaça	Más	0			28.Controle de revirada das leiras	Regular	2			
		Bom	2	2			Inexistente	0			
Mau		0		Eficiente			6	6			
7.Legalidade da localização	Permitido	4	4	29.Controle de umidade nas leiras		Regular	3				
	Proibido	0				Inexistente	0				
	Adequado	20	20			Eficiente	4	4			
Infraestrutura Implantada	8.Aterro sanitário para Rejeitos	Controlado	10			30.Controle de temperatura nas leiras	Regular	2			
		Inexistente	0				Inexistente	0			
		Sim/Desnec	1				Eficiente	4	4		
	9.Cercamento da área	Não	0	0		31.Controle de Ph das leiras	Regular	2			
		Sim/Desnec	2	2			Inexistente	0			
	10.Balança	Não	0				32.Peneiramento depois da cura	Eficiente/Desnec	2	2	
		Sim/Desnec	2	2		Regular		1			
	11.Portaria ou Guarita	Não	0			33.Qualidade do material reciclado		Inexistente	0		
		Sim/Desnec	2	2			Bom	4			
	12.Controle de recebimento de cargas	Não	0			34.Funcionamento do sist. drenagem de liq. percolados	Regular	2	2		
		Sim	2	2			Inexistente	0			
	13.Poço de recepção ou tremonha	Não	0				35.Funcionamento do sist. drenagem de águas pluviais	Eficiente	2		
		Sim/Desnec	4	4		Regular		1	1		
	14.Esteira de Catação	Não	0			36.Funcionamento do sist. tratamento de liq. Percolados		Inexistente	0		
		Sim/Desnec	5	5			Eficiente	3	3		
	15.Pátio de cura	Não	0					Regular	1		
		Sim	4	4		Inexistente		0			
		Não	0								
	16.Impermeabilização do pátio de cura	Existente	5	5	Total Máximo					133	107
		Insuficiente	2								
		17.Equipamentos para revidade de leiras	Inexistente	0		IQC= Σ dos itens /13					8,2
	Sim/Desnec		2	2							
	18.Instalações de Apoio	Boas	3								
		Regulares	1	1							
		Inexistente	0								
	19.Drenagem de líquidos percolados	Sim	2	2							
		Não	0								
	20.Drenagem de águas pluviais	Sim	2	2							
Não		0									
21.Sistema de tratamento de líquido percolado	Sim	2	2								
	Não	0									
22.Monitoramento das águas subterrâneas	Sim	2	2								
	Não	0									

Total Máximo			133	107
IQC= Σ dos itens /13			8,2	

IQR	Avaliação
0 a 6.0	Situação Inadequada
6.0 à 8.0	Situação Controlada
8.0 à 10	Situação Adequada