



SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL EM ATERROS SANITÁRIOS

ARTIGO DE REVISÃO

SILVA, Bryan Almeida da¹

SILVA, Bryan Almeida da. **Sistemas de proteção ambiental em aterros sanitários**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 07, Ed. 12, Vol. 08, pp. 26-43. Dezembro de 2022. ISSN: 2448-0959, Link de acesso:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/aterros-sanitarios>,

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/aterros-sanitarios

RESUMO

O aterro sanitário é uma obra de engenharia e atualmente a solução mais adequada em termos ambientais para a disposição final de resíduos sólidos gerados diariamente nos centros urbanos. Pois através da utilização de técnicas construtivas é que se torna possível implantar e operar de forma correta atendendo a todos os requisitos exigidos por lei, assim como, todos os parâmetros ambientais. Diante dessa premissa, qual o método mais adequado para garantir a proteção e a segurança ambiental de um aterro sanitário? Desse modo, surge a necessidade da implementação e utilização do sistema de proteção ambiental, o qual é objeto de estudo deste artigo e tem como objetivo demonstrar as técnicas construtivas que o compõe. A metodologia utilizada foi baseada em pesquisas bibliográficas com o objetivo de ampliar os conhecimentos sobre aterros sanitários. Para isso, as buscas foram concentradas principalmente em livros, revistas, artigos, dissertações, teses de mestrado e leis que abordam temas voltados à política nacional de resíduos sólidos urbanos. Além de normas técnicas brasileiras que preceituam parâmetros de projetos, implantação e operação de aterros sanitários. Os resultados obtidos, mostram que sem a utilização correta desse sistema, a segurança ambiental pode ser comprometida causando sérios danos ao ecossistema e, por sua vez, a população. Portanto, o sistema de proteção ambiental torna-se imprescindível para garantir a correta destinação de resíduos sólidos urbanos e a segurança ambiental em aterros sanitários.

Palavras-chave: Aterros sanitários, Sistema de proteção ambiental, Utilização de geossintéticos, Drenagens pluviais em aterros sanitários.



INTRODUÇÃO

Segundo o “Fundo mundial da natureza” (WWF, 2019) o Brasil é o quarto país que mais produz lixo no mundo, ficando atrás somente de Estados Unidos (1), China (2) e Índia (3). Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2018), somente em 2018 foram produzidas cerca de 79 milhões de toneladas de lixo, o que representa um aumento menor que 1% em relação ao ano anterior (2017) onde foram produzidas 78,4 milhões de toneladas. Cerca de 92% desse total foram coletados representando um aumento de 1,62%. Contudo, 8% dos resíduos gerados anualmente não são sequer coletados e 40% do total gerado é destinado para lixões que não possuem medidas ambientalmente adequadas para garantir a integridade do solo e por sua vez, da população.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a lei federal nº 12.305 instituída em 2010, todos os aterros controlados e lixões do país deveriam estar fechados até agosto de 2014, e somente os rejeitos (que não podem ser reciclados ou reutilizados) deveriam ser enviados para aterros sanitários. No entanto, o projeto de lei 2289/2015 aprovado na câmara dos deputados estabelece a prorrogação desse prazo em virtude das dificuldades enfrentadas pelos gestores municipais e à falta de atitude política para a implementação dessa decisão (SENADO FEDERAL, 2015)

Para Sampaio (2012) o aterro sanitário é a técnica que consiste na disposição final de resíduos sólidos sem causar danos à saúde pública, minimizando impactos ambientais, utilizando para isso, princípios construtivos de engenharia.

Diante dessas premissas, qual o método mais adequado para garantir a proteção e a segurança ambiental em aterros sanitários? Para isso, várias técnicas de impermeabilização do solo, sistemas de drenagens, transporte de fluidos e gases,



assim como, materiais e métodos construtivos foram criados com a finalidade de assegurar a proteção do meio ambiente.

Todas essas características citadas, são componentes do sistema de proteção ambiental, o qual é objeto deste estudo e tem como principal objetivo demonstrar os métodos construtivos, utilidade e a importância de cada elemento.

A metodologia utilizada foi baseada em pesquisas bibliográficas com o objetivo de ampliar os conhecimentos sobre aterros sanitários. Para isso, as buscas foram concentradas principalmente em livros, revistas, artigos, dissertações, teses de mestrado e leis que abordam temas voltados à política nacional de resíduos sólidos urbanos. Além de normas técnicas brasileiras que preceituam parâmetros de projetos, implantação e operação de aterros sanitários

Cabe ressaltar a importância de implementar o uso de técnicas e materiais com vantagens que possam otimizar a implantação de aterros sanitários, uma vez que há, no cenário atual, a necessidade de introduzir sistemas que permitam a instalação de obras voltadas para o descarte final de resíduos sólidos urbanos em escala nacional, vê-se necessário a relevância de aprofundar-se através de pesquisas e desenvolvimento para esse setor.

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: UM BREVE CONTEXTO

A Lei nº 12.305 / 2010 estabelece um novo marco regulatório para os resíduos sólidos, tendo como principal diretriz a prevenção, redução, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e destinação final ambientalmente correta dos resíduos (ABRELPE, 2018).

Para se concretizar e estabelecer a implantação dessa lei, é necessário começar antes por um processo de conscientização da população, no que se refere à coleta seletiva com o objetivo de além de reduzir a quantidade de resíduos encaminhados para os aterros, também promover a reciclagem adequada para os



materiais que, por sua vez, poderão ser destinados para as cooperativas de reciclagem. Segundo Campos (2020), um programa de coleta seletiva deve ter “ecopontos” que auxiliem na obtenção de materiais reutilizáveis.

Para reduzir a quantidade de resíduos enviados para aterros, é muito importante investir na coleta seletiva. A coleta de materiais recicláveis é realizada principalmente por catadores informais, não sendo possível obter estatísticas oficiais (JARDIM; YOSHIDA; MACHADO, 2012). A administração do RSU (resíduos sólidos urbanos) necessita urgentemente de recursos financeiros, investimentos e despesas operacionais. Apesar deste problema, é costume em muitos municípios oferecer serviços ao público gratuitamente. Normalmente, as “taxas de limpeza pública” estão incluídas em outros impostos (IPEA, 2009).

SISTEMAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL EM ATERROS SANITÁRIOS

Para Boscov (2008) o aterro de resíduos tem como princípio controlar a migração de contaminantes para o meio ambiente através da contenção dos resíduos, com a finalidade de evitar a poluição das águas superficiais e subterrâneas. Esse sistema de contenção é garantido por meio do revestimento da fundação e da cobertura dos resíduos, assim como, sistemas drenantes que compõem o aterro.

De modo geral, um aterro deve ser projetado com o objetivo de impedir o contato direto da massa de resíduos com o terreno natural e a exposição prolongada à atmosfera e todos os elementos estruturais são projetados para evitar emissões não permitidas (BOSCOV, 2008).

Visando atender os parâmetros de projeto, assim como, todos os critérios ambientais exigidos para a implantação e operação de aterros, o sistema de proteção ambiental se mostra como uma solução ambientalmente adequada, pois, conta com uma série de métodos construtivos que, segundo o objeto deste



estudo, foram divididos em cinco principais itens, sendo eles impermeabilização do fundo, drenagem de lixiviados, drenagem de gás, drenagem de águas pluviais e a camada de cobertura. Todas Imprescindíveis para manter a qualidade e durabilidade no aterro sanitário.

IMPERMEABILIZAÇÃO DE FUNDO

Segundo a FEAM (2006), a camada impermeabilizada deve garantir a separação segura do descarte de resíduos do subsolo, evitando a contaminação das águas subterrâneas e do meio natural por infiltração, vazamentos e/ou substâncias tóxicas. A FEAM também menciona que, para desempenhar efetivamente essa função, a camada impermeável deve consistir em um solo de argila com baixa permeabilidade e materiais geossintéticos com espessura adequada.

Freitas (2016) argumenta que um sistema de impermeabilização do fundo do aterro deve fornecer características como durabilidade, resistência à água, resistência mecânica, climática, física, química e biocompatibilidade com os resíduos a serem depositados no aterro sanitário.

Importante ressaltar que esse sistema visa minimizar a infiltração de lixiviação no solo da fundação do aterro sanitário para concentrações que não prejudiquem o meio ambiente e a saúde humana. Sua aplicação pode ser realizada compactando o solo, utilizando geossintéticos para fins impermeáveis ou combinando ambos, dependendo do tamanho do aterro. Os principais solos usados para este fim são argilosos.

Zanon e Pilla (2018), reforçam sobre as práticas, materiais e técnicas utilizadas em aterros sanitários que ainda não foram referenciadas nas normas técnicas específicas da ABNT, e dentre essas práticas, citam sobre o sistema de impermeabilização de bases de um aterro sanitário que consiste em duas etapas.

Sendo a primeira etapa referente a preparação do solo, e a segunda etapa referente a impermeabilização.

O processo de preparação do solo, consiste na reconstituição e regularização do terreno através de aterro com solos selecionados e devidamente compactados e conformados em declive, de modo que facilite o fluxo por gravidade do sistema de drenagem: sejam das águas pluviais ou de lixiviados. A figura a seguir, exemplifica um modelo de execução e preparação do solo realizado na “Guama Tratamento de Resíduos”, empresa responsável por operar o aterro sanitário da cidade Marituba localizado no estado do Pará.

Figura 1: Preparação do solo e construção de célula para recebimento de resíduos de resíduos

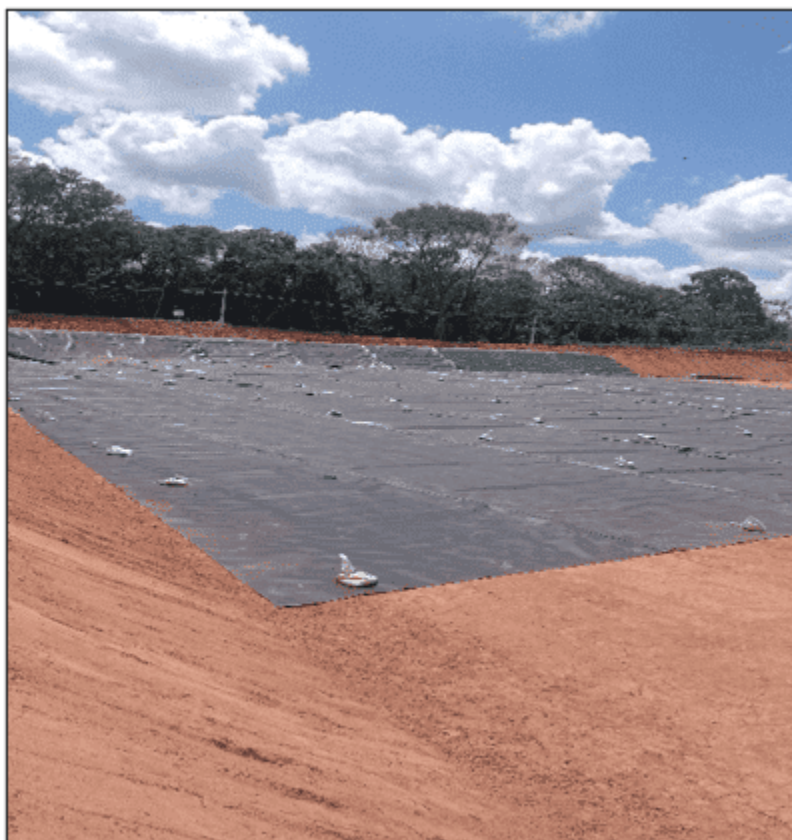


Fonte: Guama Tratamento de resíduos, 2022.

Após o processo de preparação do solo, se inicia o sistema de impermeabilização na base e nos taludes internos do dique de disparo do aterro sanitário, contando com a instalação de geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD), de 2,0 mm de espessura, garantindo-se a cobertura total da área destinada ao depósito de resíduos/percolado. No caso de uma nova etapa para recebimento de resíduos, a geomembrana de PEAD deverá ser soldada à geomembrana da etapa

anterior adjacente, através de termo fusão, bem como submetida a ensaios de qualidade de soldas. Cabe ressaltar que, durante a instalação da geomembrana de PEAD, todas as emendas são executadas com o método de fusão térmica. Em seguida, deverá ser instalado geotêxtil não tecido acima da geomembrana de PEAD seguido da execução de uma camada de solo de 40 cm de espessura.

Figura 2: Impermeabilização do solo com manta de PEAD



Fonte: Guama Tratamento de Resíduos, 2022.

Figura 3: Instalação de geotêxtil e execução da proteção mecânica



Fonte: Guama Tratamento de Resíduos, 2022.

SISTEMA DE DRENAGEM DE LIXIVIADOS

O bom funcionamento do sistema interno de drenagem de percolados é fundamental para a estabilidade do aterro sanitário. A drenagem de percolados deve ser inserida entre os resíduos e pode ser conectada a um sistema de drenagem de gás (FEAM, 2006).

As drenagens de lixiviados podem consistir em um sistema composto por materiais granulares (agregados) que sevem como filtro. Segundo Boscov (2008), os tipos de solos utilizados nas camadas drenantes são areia, pedregulho, brita, bica corrida (diâmetros de 0 a 76 mm) e pedra rachão (diâmetros de 20 a 76 mm).

A NBR 15849/2010, que se refere a pequenos aterros sanitários, recomenda que a drenagem inferior seja feita de material rochoso ou um material que crie espaços livres para evitar a colmatção.

A carga hidráulica na base do aterro é muitas vezes suficiente para manter o próprio sistema e evitar armadilhas nos canais de drenagem, mas não deve exceder 0,30 m (SILVA, 2016).

O projeto do sistema de drenagem depende da geometria da massa de resíduo e do fluxo a ser drenado. Os drenos podem ser cavados diretamente no solo e preenchidos com material de drenagem ou podem ser localizados em uma camada de base impermeável do aterro sanitário. Eles geralmente estão associados a um sistema de drenagem de gás (SILVA, 2016).

Figura 4: Sistema de drenagem de lixiviados na fundação



Fonte: Guama Tratamento de Resíduos, 2022.

Figura 5: Sistema de drenagem de lixiviados na fundação



Fonte: Guama Tratamento de Resíduos, 2022.

SISTEMA DE DRENAGEM DE GÁS

O gás gerado no aterro é composto de vários gases, como metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), hidrogênio (H_2), amônia (NH_3), gás sulfeto (H_2S), nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2). Metano, dióxido de carbono e monóxido de carbono (CO) são os principais gases produzidos pela decomposição anaeróbica de compostos residuais biodegradáveis. A distribuição exata do percentual de gases vai variar de acordo com a extensão do aterro sanitário" (MMA, 2010).



Os drenos verticais por onde os gases são conduzidos, variam da camada impermeável da base a um nível acima do revestimento do aterro, e que os gases mais leves sobem à superfície, enquanto os mais pesados vão para o fundo do aterro, sendo coletados por um sistema de drenagem de base. (SILVA, 2016).

Alguns autores e organizações, como a Fundação Estadual do Meio Ambiente do estado de Minas Gerais, argumentam que esses gases resultantes devem ser queimados imediatamente após a produção começar e evitar dispersá-los através de um aterro sanitário, poluindo a atmosfera e causando danos à saúde. (FEAM, 2006).

Figueiredo (2007), defende a criação de um sistema de coleta de gás gerado por aterros sanitários para aproveitar o potencial econômico desse subproduto gerado a partir da decomposição dos resíduos.

Cada um dos drenos no maciço de resíduos é conectado a um sistema de tubulações que transporta o gás através de tubulações de PEAD (polietileno de alta densidade) onde conduzem o gás gerado no maciço de resíduos para a central de queima desse gás.

As figuras a seguir, exemplificam o modelo de coleta do gás gerado por um aterro sanitário.



Figura 6: Sistema de coleta de biogás



Fonte: Guama Tratamento de Resíduos, 2022.

Figura 7: Sistema de coleta de biogás



Fonte: Guama Tratamento de Resíduos, 2022.

Após a coleta, segundo Figueiredo (2007), o sistema passa por um processo de compressão, movendo-se para um sistema de purificação onde é condensado e, finalmente, para a combustão e processamento do biogás, de onde posteriormente será convertido em energia elétrica.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2022), uma parceria foi estabelecida com o Ministério de Minas e Energia para explorar a possibilidade de desenvolver um projeto para estimular a produção de energia elétrica a partir de biogás de aterro,

criando um mercado seguro com o custo de venda da energia produzida, a viabilidade econômica da comercialização do biogás.

Independentemente do uso final do biogás produzido no aterro sanitário, deve ser projetado um sistema padrão de coleta e combustão de biogás: poços de coleta, sistema de condutividade, purificação, incluindo desumidificação de gás, compressores e plantas de sinalização (SILVA, 2016).

Figura 8: Central de queima do biogás (Guama Tratamento de resíduos - 2022)



Fonte: Guama Tratamento de Resíduos, 2022.

CAMADA DE COBERTURA

A camada de cobertura visa proteger a superfície das células de lixo, evitando a disseminação de odores, proporcionando acesso a máquinas e veículos de coleta e evitando a presença de catadores. No caso de um aterro sanitário municipal de resíduos sólidos, as camadas de revestimento são formadas durante a vida útil do aterro (revestimentos diários) e após o fechamento do aterro (a camada de cobertura final) (SILVA, 2016).

O sistema final de cobertura deve ser resistente à erosão, condições climáticas para evitar a entrada de água da chuva, e deve ser adaptado para uso futuro na área. Importante ressaltar, que, para aterros sanitários localizados em regiões com altos índices pluviométricos, a cobertura com mantas de materiais geossintéticos é a solução mais apropriada. Uma vez que, garantem total vedação do corpo do maciço de resíduos de modo que a sua impermeabilização seja capaz de diminuir o contato das áreas expostas com as águas pluviais reduzindo também a geração de chorume.

Figura 9: Instalação de geomembrana na cobertura final (Guama Tratamento de resíduos - 2022)



Fonte: Guama Tratamento de Resíduos, 2022.

SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

O sistema de drenagem de águas pluviais é projetado para proteger o corpo do aterro da infiltração da água da chuva e evitar a erosão da camada de cobertura. A drenagem ineficiente da água da chuva pode levar a uma maior infiltração no maciço de resíduos, aumentando o volume de chorume gerado e contribuindo para a instabilidade do maciço (FEAM, 2006).

Segundo Boscov (2008), gabiões e colchões drenantes tipo Reno estão entre os dispositivos utilizados na realização de sistemas de drenagem de águas pluviais em aterros sanitários. O autor define gabiões como elementos em forma de prisma retangular formado por uma malha metálica hexagonal. Colchões Reno têm dimensões menores com espessura (até 30 cm) em relação ao comprimento e largura. A malha metálica deste sistema tem redes de abertura menores em comparação com gabiões do tipo caixa.

Figura 10: Sistema de drenagem tipo gabião (Guama Tratamento de resíduos - 2022)



Fonte: Guama Tratamento de Resíduos, 2022.

Uma outra forma de aplicação desse sistema de drenagem, que tem por finalidade dissipar a carga hidráulica, se dá através da construção de descidas hidráulicas, ou, escadas hidráulicas. Estas por sua vez, instaladas no maciço de resíduos afim de direcionar adequadamente o fluxo das águas com o objetivo de evitar erosões que possam vir a comprometer a estabilidade do maciço. É altamente recomendado para regiões com possuem elevado índice pluviométrico.



Figura 11: Descidas hidráulicas



Fonte: Guama Tratamento de Resíduos, 2022.

Figura 12: Descidas hidráulicas



Fonte: Guama Tratamento de Resíduos, 2022.

Segundo a NBR 13896/1997 que estabelece os critérios de projeto, implantação e operação de aterros sanitários de resíduos não perigosos, cita no item 3.10 referente ao sistema de drenagem superficial que, por sua vez, tem por objetivo captar e desviar as águas de escoamento internas e externas do aterro.

É importante ressaltar que o sistema de drenagem quando bem executado é fundamental para o controle e diminuição da geração de chorume, pois evita o



contato direto das águas provenientes das chuvas com as áreas não impermeabilizadas do maciço de resíduos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente o aterro sanitário é a solução ambientalmente mais adequada para a destinação, tratamento e valorização de resíduos sólidos gerados nos centros urbanos. Além de ser uma medida obrigatória condicionada pelas secretarias de meio ambiente dos municípios. Contudo, há uma falta de posição política relacionada ao investimento em pesquisas voltadas para a construção de aterros sanitários em escala nacional, bem como, leis mais rigorosas que exigem que as autoridades locais cumpram as exigências do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Por sua vez, o crescente aumento populacional, assim como, o aumento da geração de resíduos, tornam-se agravantes no que se refere a destinação final de resíduos de forma correta.

Em virtude do que foi mencionado, é importante ressaltar a necessidade de se implantar aterros com soluções ambientalmente corretas. Sendo assim, dentro desse contexto, com o objetivo de elucidar as considerações finais desse estudo, é necessário resgatar a pergunta norteadora deste artigo: “qual o método mais adequado para garantir a proteção e a segurança ambiental em aterros sanitários?” Com o objetivo de respondê-la, para isso, este trabalho foi construído com base em pesquisas bibliográficas onde tornou-se possível descrever e evidenciar as técnicas de engenharia e métodos construtivos dos itens que compõe esse sistema.

Graças a este estudo, foi possível verificar que o uso das técnicas de construção que compõe o sistema de proteção ambiental em aterros sanitários, tem uma série de vantagens em sua aplicação. As principais estão relacionadas à eficiência, à prática de execução e à sua grande versatilidade de uso, uma vez que possui



características de impermeabilização, separação, filtração, vedação, transporte de fluídos e gases, assim como, proteção do solo e do lençol freático.

Conclui-se, portanto, que a utilização dos métodos construtivos que compõe o sistema de proteção ambiental, proporcionam grande eficiência operacional através de suas características e é indispensável para implantação e operação de um aterro sanitário, cujo principal objetivo é garantir soluções ambientalmente corretas para a destinação final de resíduos sólidos urbanos.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896: Aterros de Resíduos Não Perigosos – Critérios para Projetos, Implantação e Operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15849: Aterros Sanitários de Pequeno Porte – Diretrizes para Localização, Projeto, Implantação, Operação e Encerramento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Públicas e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. Disponível em: (www.abrelpe.org.br). Acesso em: 06/12/2022.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário oficial da república federativa do Brasil, Brasília, DF, 2ago. 2010.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei 2289/2015**. Prorroga o prazo para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos de que trata o art. 54 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Brasília, 2015. Disponível em: (http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=1555331). Acesso em: 06/12/2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Governo Federal lança medidas de incentivo à produção e ao uso sustentável do biometano**. Brasília, 2022. Disponível em: (https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/governo-federal-lanca-medidas-de-incentivo-a-producao-e-ao-uso-sustentavel-do-biometano). Acesso em: 06/12/2022.

BOSCOV, Maria Eugênia Gimenez. **Geotecnia ambiental**. 1ª edição, São Paulo, Editora Oficina de textos, 2008.



CAMPOS, Valeria de Almeida. **Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos em Fortaleza-CE: Uma Avaliação do Ecoponto do Bairro de Fátima**. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas) – Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza, 2020. 147 p.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Orientações Básicas para Operação de Aterros Sanitários**. Belo Horizonte, 2006. Disponível em: (https://perdigao.mg.gov.br/imagens/li_arquivos/2/arquivos_51220191636240.pdf). Acesso em: 06/12/2022.

FIGUEIREDO, Natalie Jimenez Verdi. **Utilização de biogás de aterro para geração de energia elétrica - estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

FREITAS, Daniela Ribeiro. **Avaliação dos aspectos estruturais e operacionais em cinco aterros sanitários, localizados nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

FUNDO MUNDIAL DA NATUREZA (WWF). **Solucionar a Poluição Plástica: Transparência e Responsabilização**. Brasília, 2019. Disponível em: (<https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2019-03/brasil-e-o-4o-pais-que-mais-produz-lixo-no-mundo-diz-wwf>). Acesso em: 06/12/2022.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**. Brasília, 2009. 78 p. Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/boletim_regional/090725_boletimregional2.pdf. Acesso em: 06/12/2022.

JARDIM, Arnaldo; YOSHIDA, Consuelo; MACHADO, José Valverde Filho. **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. 1ª edição, São Paulo: Editora Manole, 2012.

PILLA, José Henrique; ZANON, Thiago Vilas Boas. As Normas Técnicas Brasileiras de Aterros Sanitários e a Oportunidade de Atualização. **Revista de Limpeza Pública (ABLP)**. Rio Grande do Sul, 2018. P 28-33.

SAMPAIO, Patrícia Gomes. **Viabilidade Econômica e socioambiental do Aterro Sanitário de Consorciado na Macrorregião dos Sertões dos Inhamus**. Dissertação (Especialista em Gestão Ambiental) - Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2012. 23 p.

SILVA, Karine Trajano. **Projeto Pequeno Aterro Sanitário**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.



Enviado: Outubro, 2022.

Aprovado: Dezembro, 2022.

¹ Bacharel em Engenharia Civil, Técnico em Agrimensura. ORCID: 0000-0001-9295-9195.