



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

FRANCISCA KENNIA NUNES DOS SANTOS

**MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DA OPERAÇÃO IRREGULAR DE UM
ATERRO SANITÁRIO EM HORIZONTE/CE**

PAU DOS FERROS/RN

2019

FRANCISCA KENNIA NUNES DOS SANTOS

**MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DA OPERAÇÃO IRREGULAR DE UM
ATERRO SANITÁRIO EM HORIZONTE/CE**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros como requisito para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.
Orientador: Prof. Dr. Joel Medeiros Bezerra

PAU DOS FERROS/RN

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S237m Santos, Francisca Kennia Nunes dos.
Mitigação de impactos ambientais da operação
irregular de um aterro sanitário em Horizonte/CE
/ Francisca Kennia Nunes dos Santos. - 2019.
71 f. : il.

Orientador: Joel Medeiros Bezerra.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária, 2019.

1. Resíduos sólidos. 2. Disposição final. 3.
Operação de aterros. 4. Controle ambiental. 5.
Semiárido. I. Bezerra, Joel Medeiros, orient. II.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da Instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

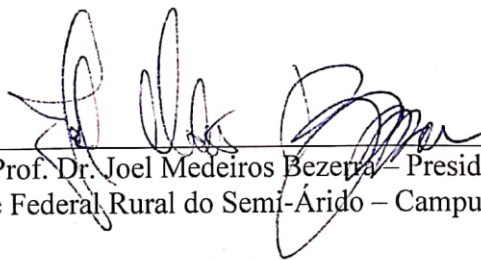
FRANCISCA KENNIA NUNES DOS SANTOS

**MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DA OPERAÇÃO IRREGULAR
DE UM ATERRO SANITÁRIO EM HORIZONTE/CE**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros como requisito para obtenção do título de bacharela em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Defendida em: 12 / 08 / 2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Joel Medeiros Bezerra – Presidente

Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Campus Pau dos Ferros

Gabriela Valones Rodrigues de Araújo

Prof.^ª Me. Gabriela Valones Rodrigues de Araújo - Examinadora

Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Campus Pau dos Ferros

Laura Teixeira Leite Carlos Peixoto

Eng. Laura Teixeira Leite Carlos Peixoto – Examinadora
Secretaria de Meio Ambiente – Prefeitura de Pau dos Ferros

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido chegar até aqui e pela força que me deu durante toda a caminhada. Agradeço a minha família, em especial a minha mãe, meu pai e minha irmã, pelos esforços, dedicação e por tudo que fizeram e fazem para ajudar na minha jornada como estudante.

Agradeço ao meu orientador por todas as contribuições, pelos ensinamentos, conselhos e paciência. Agradeço a Banca Examinadora por todo cuidado e conhecimento repassado. Agradeço também a minha universidade por me permitir chegar ao fim deste ciclo diante de todas as oportunidades oferecidas. Se hoje sou quem sou devo tudo a eles, por isso sou muito grata a todos que estiveram presentes nesta árdua fase de minha vida.

It's just another day, nothing in my way.

Keane

RESUMO

A disposição inadequada de resíduos sólidos é um problema ainda bastante presente em muitas localidades do país, com isso a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, pela Lei Nº 12.305/2010, aponta sobre a disposição adequada destes materiais, vindo a determinar que o modelo mais seguro para o meio ambiente e saúde pública é o aterro sanitário. No município de Horizonte, localizado no Ceará, o encaminhamento dos resíduos sólidos gerados é o envio ao aterro sanitário local, porém como uma grande obra de engenharia, que altera significativamente uma determinada área e utiliza um sistema dinâmico de serviços são inerentes a sua implantação, operação e encerramento um conjunto de impactos ambientais ao meio biótico, físico e antrópico. Então, o presente trabalho consiste em analisar as condições atuais de operação do aterro sanitário de Horizonte/CE, vindo a investigar os impactos ambientais decorrentes das atividades irregulares e a propor medidas de mitigação, com o intuito de sanar as deficiências do empreendimento a partir da sua regularização. Para isso, foi consultado o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos e literatura revisada por pares sobre o tema, além da aplicação de *check-lists* para averiguar o índice de qualidade do aterro de resíduos (IQR) e os principais impactos ambientais existentes da operação. Com isso, percebeu-se que a fauna, flora, águas, solo, ar, comunidade e trabalhadores são afetados pelo empreendimento diante da realização dos serviços de forma indisciplinada e, assim as propostas de mitigação vêm como uma importante ferramenta modificadora deste cenário. Portanto, a busca pela adequação e regularização é essencial para a redução de prejuízos ao meio e também para evitar que esse local venha a se transformar futuramente em um dispositivo inadequado, ou seja, em um “lixão”. Nota-se assim a importância de efetuar estudos sobre esta área a fim de preservar, conservar e melhorar o meio ambiente.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Disposição final. Operação de aterros. Controle ambiental. Semiárido.

ABSTRACT

Inadequate disposal of solid waste is a problem still present in many localities of the country, thus the National Policy of Solid Waste - PNRS, by Law No. 12.305 / 2010, indicates the proper disposal of these materials, determining that the model safest for the environment and public health is the landfill. In the municipality of Horizonte, located in Ceará, the routing of solid waste generated is sent to the local landfill, but as a major engineering work, which significantly changes a certain area and uses a dynamic system of services are inherent to its implementation, operation and closure a set of environmental impacts on the biotic, physical and anthropic. Therefore, the present work is to analyze the current conditions of operation of the landfill of Horizonte/CE, investigating the environmental impacts resulting from irregular activities and proposing mitigation measures, in order to remedy the deficiencies of the project from the its regularization. For this, we consulted the Municipal Plan for Integrated Solid Waste Management and peer-reviewed literature on the subject, as well as the application of checklists to verify the waste landfill quality index and the main existing environmental impacts of the operation. Thus, it is seen that the fauna, flora, water, soil, air, community and workers are affected by the enterprise in face of the undisciplined performance of the services and, like this, the mitigation proposals come as an important modifying tool of this scenario. So, the search for adequacy and regularization is essential for reducing damage to the environment and also to prevent this site from turning into an inappropriate device in the future, that is, a “dumping ground”. It is thus noted the importance of conducting studies on this area in order to preserve, conserve and improve the environment.

Keywords: Solid waste. Final disposition. Landfill operation. Environmental control. Semiarid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do aterro sanitário de Horizonte/CE.....	33
Figura 2 – Condições de usina de triagem inativada.....	42
Figura 3 – Vista superior da área da usina de triagem.....	42
Figura 4 – Vista do aterro sanitário de Horizonte/CE	43
Figura 5 – Croqui do aterro sanitário de Horizonte/CE.....	44
Figura 6 – Funcionamento da frente de trabalho do aterro sanitário de Horizonte/CE.....	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Composição dos resíduos segundo o potencial reciclável.....	39
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Enquadramento das condições das instalações de tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos domiciliares em função dos valores do IQR.....	27
Quadro 2 – Situação operacional.....	35
Quadro 3 – Probabilidade ou frequência de um aspecto ambiental ocorrer.....	35
Quadro 4 – Severidade de um impacto ambiental.....	36
Quadro 5 – Classificação do grau de risco.....	36
Quadro 6 – Grau de risco.....	37
Quadro 7 – Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos de Horizonte/CE.....	38
Quadro 8 – Avaliação da estrutura de apoio do aterro sanitário de Horizonte/CE.....	46
Quadro 9 – Avaliação da frente de trabalho do aterro sanitário de Horizonte/CE.....	47
Quadro 10 – Avaliação dos taludes e bermas do aterro sanitário de Horizonte/CE.....	48
Quadro 11 – Avaliação da superfície superior do aterro sanitário de Horizonte/CE.....	48
Quadro 12 – Estrutura de proteção ambiental do aterro sanitário de Horizonte/CE.....	49
Quadro 13 – Outras informações do aterro sanitário de Horizonte/CE.....	50
Quadro 14 – Características da área do aterro sanitário de Horizonte/CE.....	50
Quadro 15 – Processos envolvidos no aterro sanitário.....	52
Quadro 16 – Levantamento dos aspectos e impactos ambientais envolvidos no processo.....	53
Quadro 17 – Propostas de ações mitigadoras/controle.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA – Aspecto Ambiental

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ADA – Área Diretamente Afetada

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental

AID – Área de Influência Direta

AII – Área de Influência Indireta

CE – Ceará

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EIA – Estudo de Impactos Ambientais

GEE – Gases do Efeito Estufa

IA – Impactos Ambientais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IQA – Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos

IQR – Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos

MS – Mato Grosso do Sul

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PB – Paraíba

PGIRS – Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNSB – Política Nacional de Saneamento Básico

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

RIMA – Relatório de Impactos Ambientais

RMF – Região Metropolitana de Fortaleza

RSS – Resíduos de Serviço de Saúde

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SGA UNISINOS – Sistema de Gestão Ambiental da Unisinos

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

TO – Tocantins

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1.OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	19
3.2 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	21
3.3 DISPOSITIVOS PARA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	22
3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	24
3.5 QUALIDADE DOS ATERROS SANITÁRIOS	25
3.6 IMPACTOS AMBIENTAIS DOS ATERROS SANITÁRIOS	27
3.7 CONTROLE E MITIGAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DOS ATERROS SANITÁRIOS	30
4. METODOLOGIA.....	32
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	32
4.2 ÁREA DE ESTUDO.....	32
4.3 INSTRUMENTOS DE PESQUISA	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE HORIZONTE/CE.....	38
5.2 ATUAL GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE HORIZONTE/CE	41
5.3 CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO ATERRO SANITÁRIO	43
5.4 QUALIDADE DO ATERRO SANITÁRIO DE HORIZONTE/CE.....	46
5.5 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS.....	51
5.6 MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	57
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	63
ANEXO.....	70

1. INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos intensificou-se com a Revolução Industrial, em meados do século XVIII, sendo este um grande marco mundial frente aos problemas ambientais, em virtude da crescente geração de poluentes em quantidade e diversidade. Corroborando com tal cenário, tem-se a ida da população do meio rural para os grandes centros desencadeando as aglomerações urbanas, em que à medida que o número populacional aumentava, surgia-se também o aumento no consumo de bens e o consequente crescimento da geração de resíduos sólidos. Assim, o acúmulo de “lixo” passou a ser um problema que é visto até hoje, em amplas dimensões e escalas territoriais.

A grande quantidade de resíduos sólidos que veio se amontoando no decorrer desses anos trouxe inúmeros problemas ambientais e socioeconômicos, como a diminuição da qualidade de vida da população, a poluição e contaminação ambiental, disseminação de doenças, degradação da paisagem e gastos públicos com a saúde.

Atualmente, diante das mudanças de hábitos adquiridos no mundo pós-moderno, os indivíduos passaram a consumir ainda mais plástico, a gerar maior quantidade de material orgânico e assim de resíduos sólidos. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2017), a quantidade gerada de resíduo sólido urbano (RSU) anualmente no Brasil é de 78,4 milhões de toneladas, evidenciando de tal modo a gravidade do cenário.

Como a sociedade vem aumentando os hábitos de consumo em proporção ao ritmo do seu crescimento populacional gera-se assim uma quantidade de resíduo sólido cada vez maior. Arelado a isso, tem-se a ausência na preocupação quanto ao descarte correto desses materiais no meio ambiente, representando um verdadeiro analfabetismo ambiental, em que não se há ciência das consequências ambientais destes comportamentos.

Tais resíduos ainda são descartados parcialmente de maneira inadequada, como aponta o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2017) em que dos 3.724 municípios brasileiros que declararam a destinação final de seus resíduos domiciliares, 1.071 destinam seus resíduos domiciliares para lixões; 601 para aterros controlados; e 2.052 para aterros sanitários.

Outro fator que merece atenção é que esses dispositivos finais sejam eles o próprio vazadouro a céu aberto, denominado “lixão”, o aterro controlado e o aterro sanitário produzem chorume e gases tóxicos à base de metano, além das condições insalubres que compõem o panorama. Assim, como afirmam Hegel e Cornélio (2013), dentre os motivos que tornam esses

problemas ainda mais intensos estão a deficiência na gestão, o mau gerenciamento dos resíduos sólidos, a ausência de políticas de educação ambiental e a falta de tecnologias apropriadas para o tratamento desses resíduos, como o tratamento térmico, mecânico e/ou bioquímico.

Entre as opções de dispositivos para descarte final os aterros sanitários são, portanto, a forma mais adequada de destinar o lixo de um município, por serem eficientes e seguros, como abordam Elk e Segala (2007), afirmando que são obras de engenharia projetadas sob critérios técnicos, cujo fim é garantir a disposição dos resíduos sólidos urbanos sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente. Esses dispositivos permitem um controle seguro do processo, recebendo e acomodando vários tipos de resíduos, de diferentes composições e quantidades, porém exigem séries de procedimentos que permitam a impermeabilização, manejo correto dos resíduos, monitoramento e ações de controle, justamente para que esse aterro sanitário não venha a ser transformado em um novo lixão.

A erradicação dos lixões e a substituição pelos aterros sanitários surgem como medidas de proteção ambiental exigidas por lei, a referida Lei nº 12.305, de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, para dar a destinação adequada dos resíduos sólidos. Entretanto, os dispositivos de aterros sanitários também trazem impactos ambientais devido ao tipo de atividade desempenhada, provocando assim, perturbações no meio que se agravam com a má gestão desses sistemas.

O município de Horizonte/CE, que é classificado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018) como uma cidade de médio porte, visto que possui mais de 50.000 habitantes, também necessita de atenção quanto à geração de resíduos sólidos, pois tem crescido economicamente e se destaca como um dos principais polos industriais da região, logo há uma produção intensa de material que precisa ser descartado adequadamente para não acarretar em cenários adversos ao meio ambiente. Neste município os resíduos sólidos são dispostos de maneira inadequada no dispositivo final existente nesta localidade, não havendo o correto gerenciamento de resíduos sólidos e nem o tratamento regular desses materiais, além disso, pouco se aborda sobre educação ambiental e promoção de boas práticas no âmbito social, estando passível de desencadear impactos, tal como a consolidação de danos ao ambiente e a saúde.

Tem-se desta maneira uma grande dificuldade para realizar a implantação dos aterros de forma adequada, respeitando padrões técnicos e, garantir o seu eficiente funcionamento, principalmente para não se transformarem em novos lixões. Nessa perspectiva tem-se buscado analisar a problemática da situação deste aterro sanitário, investigando o que pode ser feito, quais os impactos provenientes dos processos e o que executar para regularizar o local.

Diante de tal contexto, requer-se que o aterro sanitário funcione de forma regular e haja a minimização dos impactos decorrentes de suas atividades, sejam eles sobre os meios físico, biótico e antrópico. Portanto, a discussão do tema torna-se demasiadamente necessária para dar o enfoque à questão dos resíduos sólidos e a adequada destinação desses materiais.

Logo, o presente estudo analisa as condições atuais de um aterro sanitário localizado no município de Horizonte/CE, buscando avaliar os impactos socioeconômicos e ambientais causados por esse empreendimento, a fim de permitir uma maior exequibilidade das atividades e a minimização dos problemas incididos. Deste modo, o dispositivo em questão pode ser julgado a partir de sua dinâmica e receber possíveis técnicas de melhoramento, mitigação e recuperação.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GERAL

Propor medidas de mitigação dos impactos ambientais decorrentes das atuais condições de operação do aterro sanitário do município de Horizonte/CE.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar o cenário das condições de operação do aterro sanitário de Horizonte/CE;
- Identificar os impactos ambientais sobre os meios físico, biótico e antrópico relacionados à operação do aterro sanitário de Horizonte/CE;
- Propor técnicas para a regularização do aterro sanitário de Horizonte/CE; e
- Apresentar mecanismos de mitigação para as condições atuais de operação do aterro sanitário de Horizonte/CE.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que definiu a Política Nacional de Saneamento Básico – PNSB, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e diz que este setor engloba o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas a serem propiciadas a toda população.

Corroborando à PNSB, tem-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, instituída pela Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que é específica a uma das quatro vertentes, a qual vem conceituar os termos rejeito e resíduo sólido, em que este último se trata de material, substância, objeto ou bem descartado pelo homem, cuja destinação final se procede no estado sólido ou semissólido, bem como gases e líquidos, além disso suas particularidades torna inviável para serem lançados na rede pública de esgoto ou corpo d'água, já os rejeitos são os resíduos sólidos cujas possibilidades de tratamento e recuperação já foram esgotadas.

Esse manejo de resíduos sólidos, ainda segundo a PNSB, é constituído pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbanas, tornando-se assim um importante serviço para a comunidade, já que por ser um dos grandes problemas enfrentados atualmente na sociedade urbana há ressaltos quanto a sua gravidade.

Assim, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, pela NBR 10004:2004, os resíduos são classificados quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente em duas classes: a classe I, que são os resíduos perigosos, apresentando uma ou mais das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade; e a classe II, que são os resíduos não perigosos, subdivididos na classe II A, sendo os não inertes, ou seja, os que têm propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água; e na classe II B, sendo os inertes, ou seja, os resíduos que não possuem nenhuma das reações anteriormente mencionadas.

Já quanto à sua origem ou natureza, os resíduos sólidos ou “lixo”, podem ser classificados, de acordo com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM (2001), em cinco classes, sendo: doméstico ou residencial; comercial; público; domiciliar especial, como entulho de obras, pneus, pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes; e de fontes especiais,

englobando o lixo industrial, radioativo, de portos, aeroportos e terminais rodoferroviários, agrícola e de serviço de saúde.

As características do lixo também podem variar em função de aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, como traz o IBAM, visto que são tais fatores que diferenciam as comunidades entre si e as próprias cidades. Amorim *et al.* (2010) atestam complementando que atualmente a produção de resíduos, no que tange quanto ao aspecto social, está diretamente ligada ao modo de vida, à cultura, ao trabalho, ao modo de alimentação, higiene e consumo. Logo, conhecer a periculosidade, a origem e composição dos resíduos sólidos são imprescindíveis para realizar a destinação adequada e garantir seu bom gerenciamento.

O manual do IBAM (2001) informa que os resíduos sólidos podem ser analisados também de acordo com as suas características físicas (geração per capita, composição gravimétrica, peso específico aparente, teor de umidade, compressividade), características químicas (poder calorífico, potencial hidrogeniônico (pH), relação carbono/nitrogênio (C: N), composição química) e características biológicas (população microbiana e agentes patogênicos presentes).

Em 2017, segundo a ABRELPE, os 1.794 municípios da região Nordeste geraram 55.492 toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos, das quais aproximadamente 79,1% foram coletadas. Esse valor ainda representa um déficit na coleta de resíduos sólidos, já que não é em sua totalidade colhido da maneira adequada e ainda existe o descarte de maneira irregular neste território. É primordial efetivar a gestão e gerenciamento desses resíduos sólidos a fim de se evitar números e problemas alarmantes.

Carmo (2009) aborda ainda sobre a significação dada para os resíduos, em que à medida que passam a ser considerados como reciclável, deixam de ser considerados como inúteis, trazendo consigo um discurso ambientalista ou econômico devido aos problemas por ele provocados ou pelas soluções que pode representar para a economia dos recursos. Por consequência, essa questão abarca a perspectiva sanitária, ambiental e econômica, sendo capaz, quando bem geridos, de unir esses três aspectos positivamente.

3.2 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Com a implementação da PNRS, é almejado mudanças no panorama dos resíduos sólidos no país, através de diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. De acordo com Schalch *et al.* (2002):

Modelo de Gestão de Resíduos Sólidos refere-se a um "conjunto de referências político-estratégicas, institucionais, legais e financeiras capaz de orientar a organização do setor". São elementos indispensáveis na composição de um modelo de gestão: reconhecimento dos diversos agentes sociais envolvidos, identificando os papéis por eles desempenhados e promovendo a sua articulação; consolidação da base legal necessária e dos mecanismos que viabilizem a implementação das leis; mecanismos de financiamento para a auto-sustentabilidade das estruturas de gestão e do gerenciamento; informação à sociedade, empreendida tanto pelo poder público quanto pelos setores produtivos envolvidos, para que haja um controle social; sistema de planejamento integrado, orientando a implementação das políticas públicas para o setor (SCHALCH *et al.*, 2002, p. 72).

Sendo assim, ainda de acordo com os mesmos autores, um modelo de gestão é composto por arranjos institucionais, instrumentos legais e mecanismos de financiamento. O estado necessita com urgência adotar um sistema de manejo adequado de resíduos, por meio de políticas de gestão que venham promover as práticas recomendadas.

Já o gerenciamento dos resíduos, como destacam Costa e Soares Neto (2009), remete a articular ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, para coletar, tratar e dispor o lixo de uma cidade, devendo ser desenvolvida pela administração municipal. Faz-se necessário para isso o acompanhamento criterioso de todo o ciclo dos resíduos, desde a sua geração até a disposição final.

Assim como Rezende *et al.* (2013) analisaram, percebe-se que o planejamento deve começar, portanto, pela classificação e quantificação dos resíduos gerados, sendo necessário estimar a quantidade total e por habitante; realizar a análise da composição gravimétrica ou composição física (percentual de cada componente em relação ao peso total dos resíduos) e calcular o peso específico (peso dos resíduos em função do volume por eles ocupado, expresso em kg.m³). Isso irá garantir que no gerenciamento dos resíduos sólidos se tenham estudos sobre qual destinação para cada tipo ou grupo de resíduos, fazendo assim com que seja possível realizar de forma adequada a segregação dos resíduos e rejeitos na fonte geradora. Logo, esta etapa inicial para o processo de gestão municipal irá determinar o modelo e ações a serem adotados.

Segundo o manual do IBAM (2001), acondicionamento significa preparar os resíduos sólidos domiciliares para a etapa posterior, que é a coleta, devendo ser feita de forma

sanitariamente adequada e que seja ainda compatível com o tipo e a quantidade de resíduos. Essa etapa é importante por evitar acidentes e proliferação de vetores, minimizar o impacto visual e olfativo, reduzir a dessemelhança dos resíduos, bem como para facilitar a realização da etapa da coleta.

As ações em gestão ambiental devem estar embasadas em processos efetivos de formulação e implementação de uma política capaz de garantir diretrizes e normas para ações eficazes, bem como Poli *et al.* (2014) trazem, logo é visto a importância de se estabelecer ferramentas para o aperfeiçoamento da gestão dos resíduos sólidos urbanos, contando com a coleta, o tratamento e a disposição final dos resíduos.

3.3 DISPOSITIVOS PARA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

No Brasil existem algumas formas de se destinar os resíduos sólidos gerados, a saber, as principais são os lixões, aterros controlados e aterros sanitários. De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (2012), esses dispositivos são conceituados como:

Aterro sanitário: Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia (impermeabilização do solo, cerceamento, ausência de catadores, sistema de drenagem de gases, águas pluviais e lixiviado) para confinar os resíduos e rejeitos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-o com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (adaptado da NBR 8419:1992). Aterro controlado: Forma inadequada de disposição final de resíduos e rejeitos, no qual o único cuidado realizado é o recobrimento da massa de resíduos e rejeitos com terra. Lixão: Forma inadequada de disposição final de resíduos e rejeitos, que consiste na descarga do material no solo sem qualquer técnica ou medida de controle (BRASIL, 2012, p. 14).

Amorim *et al.* (2010) afirmam que os lixões (também conhecidos por aterro comum ou vazadouros a céu aberto) são o principal destino dos resíduos sólidos tido nos últimos anos, sendo um local descerrado em que o lixo é disposto sem nenhum tratamento, o que acarreta devido ao não atendimento das normas de controle diversos problemas ambientais, tais como a poluição das águas subterrâneas e cursos d'água vizinhos, proliferação de animais parasitas e odores de fermentação.

Não obstante, os aterros controlados são como tratam Timóteo e Penna (2014) uma forma paliativa de disposição final dos resíduos sólidos urbanos enquanto não é implementado o aterro sanitário, pois este é o sistema adequado, até que haja o mecanismo de tratamento eficaz para esses materiais.

Assim, Pereira e Curi (2017) relatam que a disposição final dos resíduos sólidos urbanos tem se tornado um grave problema ambiental da atualidade, por isso, dentre as formas mais adequadas de disposição dos resíduos existe tal sistema de aterro sanitário. São locais onde o lixo é depositado, tendo como base critérios de engenharia e normas operacionais específicas que permitem a confinação segura do lixo, em termos de controle da poluição e proteção do meio ambiente (AMORIM *et al.*, 2010). Em que o funcionamento no aterro, ocorre com o lixo sendo comprimido por máquinas que diminuem seu volume, através de uma compactação, posteriormente é coberto por uma camada de areia, que visa a diminuição de maus cheiros, evitando incêndios e impedindo a proliferação de insetos e roedores, além disso o chorume é coletado e tratado, objetivando uma medida de proteção ambiental e de manutenção da estabilidade do aterro.

Portella e Ribeiro (2014) classificam os aterros sanitários quanto ao tipo de técnica de operação em dois tipos: os aterros de superfície, em que os resíduos sólidos são dispostos em uma área plana, de modo que se instalam trincheiras ou rampas e os aterros de depressões, cujos resíduos são dispostos fazendo o uso das irregularidades geológicas da região, como depressões, lagoas, mangues ou pedreiras extintas. Os autores abordam ainda sobre a metodologia utilizada:

Quanto à metodologia dos aterros sanitários, basicamente segue a seguinte ordem: levantamento de dados, escolha do terreno, levantamento topográfico e levantamento geotécnico. No levantamento de dados são verificados os índices pluviométricos da região, que resíduos serão depositados, densidade dos resíduos, peso específico dos resíduos, etc. A escolha do terreno será feita levando em consideração facilidade de acesso e os recursos hídricos que deverão ser preservados, a recuperação da área escolhida, etc. O levantamento topográfico é de suma importância, pois será, nesse item, calculada a capacidade da área escolhida, ou seja, o valor dos resíduos gerados diariamente e a capacidade volumétrica da área, sabendo-se, então, qual será o tempo de vida útil do aterro. Finalmente, o levantamento geotécnico é a fase onde se leva em conta os seguintes aspectos: constituição do solo, permeabilidade, capacidade de carga, nível do lençol freático, jazidas de material para cobertura e densidade do solo (PORTELLA; RIBEIRO, 2014, p 125).

Para que o aterro sanitário seja instalado, é preciso inicialmente, de acordo com Portella e Ribeiro (2014) que haja a impermeabilização total do local que receberá o material, a instalação de redes para coleta e tratamento do chorume, que é o material que reúne todas as impurezas líquidas e tóxicas do lixo, a captação e tratamento dos gases que fluem do aterro sanitário, além do monitoramento constante da qualidade e a quantidade dos resíduos sólidos depositados. Felicori *et al.* (2016) completam relatando que:

O aterro sanitário consiste na disposição de resíduos em área impermeabilizada com recobrimento e compactação dos mesmos com camadas sucessivas de solo. O tratamento dos resíduos ocorre por meio de digestão anaeróbia e requer um controle ambiental dos líquidos lixiviados (chorume) e do biogás resultantes do processo.

Esses líquidos são coletados por meio de drenos e tratados em lagoas aeróbias e o biogás é queimado ou pode ser coletado para reaproveitamento e geração de energia (FELICORI *et al.*, 2016, p. 548).

Porém, com a implementação da PNRS, pela Lei N° 12.305, de 2010, muitos municípios constroem os seus aterros sanitários apenas para cumprimento da legislação, que é a erradicação de dispositivos irregulares, provocando cenários semelhantes aos vistos nos lixões. É por isso que se exige uma visão mais aprofundada e minuciosa acerca desse sistema, para que seja possível resolver a problemática dos resíduos sólidos, tal qual dizem Pereira e Curi (2017):

A simples implementação de um aterro sanitário por si só não garante a sustentabilidade no gerenciamento dos resíduos, haja vista que a instalação dessa obra deve ser considerada a última etapa do processo de gestão dos RSU, uma vez que o aterro sanitário tem por finalidade o encaminhamento dos rejeitos, ou seja, apenas uma pequena parcela dos resíduos é que deveria ser destinada para disposição em aterros. Ressalta-se que a instalação de um aterro sanitário repercute em significativa degradação ambiental e, por esse motivo, deve seguir normas rígidas em sua implementação e operação, além de passar, obrigatoriamente, por um processo de licenciamento ambiental no órgão ambiental competente (PEREIRA E CURTI, 2017, p. 122).

Caso não envolva todas as atividades de controle ambiental, a disposição final de resíduos sólidos em aterros pode vir a causar sérios problemas de poluição, além de ser gerador de conflitos (GUEDES; RIBEIRO, 2016).

Essa fragilidade na pactuação de responsabilidades e no gerenciamento dos resíduos sólidos é notada principalmente nos embates que ocorrem entre os poderes públicos, quando algum município passa a ser afetado por impactos ambientais, decorrentes dos empreendimentos em que os aterros ainda operam de forma inadequada e se distanciam de uma proposta sustentável para esse problema (CORRÊA; VASCONCELOS JÚNIOR, 2017).

3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Com vista à adequação da Lei N° 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e trata sobre a substituição dos lixões pelos dispositivos finais mais adequados, existem nesta conjuntura leis aplicadas aos aterros sanitários no âmbito federal, estadual e municipal.

De acordo com a Resolução CONAMA N° 237, de 19 de dezembro de 1997, a localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos

capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente.

Em se tratando de aterros sanitários de pequeno porte, cuja disposição diária é de até 20 toneladas, os critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental são definidos pela Resolução CONAMA Nº 404, de 11 de novembro de 2008. Caso seja superior a esse quantitativo, o licenciamento ambiental deve ser precedido da elaboração do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.

Quanto a Lei Estadual, tem-se a Lei Nº 16.032, de 20 de junho de 2016, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos no âmbito do Estado do Ceará, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do Poder Público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Para isso, estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos, no âmbito do Estado do Ceará.

A Secretaria do Meio Ambiente do Ceará – SEMA (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2019) busca implementar a Política Estadual de Resíduos Sólidos, com o intuito de instituir ferramentas de planejamento e integração dos órgãos envolvidos na mencionada gestão e, consequentemente, propiciar o fortalecimento da gestão municipal na área em pauta, bem como a minimização do potencial de riscos de contaminação do meio ambiente e das comunidades expostas.

Logo, no Ceará, o licenciamento ambiental dos aterros sanitários e a avaliação dos estudos e critérios ambientais para localização de aterros sanitários é de responsabilidade da Secretaria do Meio Ambiente do Ceará – SEMA, além disso, o Conselho Estadual de Meio Ambiente – Coema (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2019), que é um órgão colegiado vinculado diretamente ao Governador do Estado e com jurisdição em todo o Estado, que busca assessorar assuntos de política de proteção ambiental, trabalha na aprovação do EIA/RIMA e realização de audiências públicas para tomadas de decisão.

3.5 QUALIDADE DOS ATERROS SANITÁRIOS

A qualidade de um aterro sanitário pode ser determinada a partir de um índice que foi criado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo –

CETESB, conforme cedido pelo Inventário Estadual de Resíduos Sólidos (2017), que é o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQR, vindo a introduzir alguns itens importantes, como a adequabilidade do monitoramento geotécnico do aterro, ocorrência de queima de resíduos a céu aberto, análise da vida útil do aterro e ocorrência de restrições legais ao uso do solo.

A metodologia adotada pela CETESB (2017) para o cálculo do IQR, oficializada a partir do inventário de 2012, trata-se da aplicação de um *check list* padronizado, em que são avaliados 33 critérios com diferentes pesos. São analisadas a estrutura de apoio (portaria, balança e vigilância; isolamento físico; isolamento visual; acesso à frente de trabalho), frente de trabalho (dimensões da frente de trabalho; compactação dos resíduos; recobrimento dos resíduos), taludes e bermas (dimensões e inclinações; cobertura da terra; proteção vegetal; afloramento do chorume), superfície superior (nivelamento da superfície; homogeneidade da cobertura), estrutura de proteção ambiental (impermeabilização do solo; profundidade do lençol freático x permeabilidade do solo; drenagem de chorume; tratamento de chorume; drenagem provisória de águas pluviais; drenagem definitiva de águas pluviais; drenagem de gases; monitoramento de águas subterrâneas; monitoramento geotécnico), outras informações (presença de catadores; queima de resíduos; ocorrência de moscas e odores; presença de aves e animais; recebimento de resíduos não autorizados; recebimento de resíduos industriais; estruturas e procedimentos) e caracterização da área (proximidade de núcleos habitacionais; proximidade de corpos de água; vida útil da área; restrições legais ao uso do solo).

Pela análise de cada subitem através de valores atribuídos de acordo com as condições observadas do aterro é feito um cálculo matemático pela soma dos 3 subtotaís dividido por 10 ou 11, sendo que o SUB2 pode ser sem o recebimento de resíduos industriais, na Equação 1:

$$IQR = \frac{(SUB1+SUB2+SUB3)}{10} \quad \text{Eq. 1}$$

Ou com recebimento de resíduos industriais, daí se usa a Equação 2:

$$IQR = \frac{(SUB1+SUB2+SUB3)}{11} \quad \text{Eq. 2}$$

Então, obtendo-se o valor do IQR através do cálculo é possível enquadrar o aterro de resíduos sólidos nas seguintes classes: condições inadequadas e condições adequadas (Quadro 1). A determinação desse índice é, portanto, demasiadamente importante para auxiliar a conhecer a realidade do aterro e para que, se necessário, possa ser realizado algum tipo de intervenção e melhoria do local.

Quadro 1 – Enquadramento das condições das instalações de tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos domiciliares em função dos valores do IQR

IQR	Enquadramento
0,0 a 7,0	Condições Inadequadas
7,1 a 10	Condições Adequadas

Fonte: CETESB (2017)

Os aterros sanitários exigem cuidados especiais e procedimentos específicos de operação e monitoramento, por isso devem ser projetados dentro das normas adequadas para evitar a poluição dos recursos hídricos, solo e atmosfera (LAVNITCKI *et al.*, 2016). Deste modo, avaliar a qualidade desta obra garante adequar as suas condições para prevenir os impactos ambientais.

Pereira e Curi (2017) replicaram o estudo e analisaram o Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos – IQA, adaptação do IQR, em um aterro de Puxinanã/PB, em que baseado nos objetivos delineados e resultados alcançados, o instrumento do IQA se apresentou satisfatório, pois reúne indicadores que envolvem aspectos considerados de grande relevância para a sustentabilidade do local.

Outros estudos foram realizados no Nordeste com o intuito de abordar a aplicação do IQR em aterros de resíduos sólidos. Silva *et al.* (2016) adotaram o estudo no Estado do Piauí, buscando aprimorar os mecanismos de controle sanitário ambiental. Os autores citam que a adoção de indicadores, sub-índices e índices, são úteis para referências, tratando do planejamento e melhorias operacionais dos serviços de limpeza urbana nos municípios, visto que influenciam os sistemas das áreas de saúde pública, desenvolvimento econômico, social e ambiental.

Marinho e Oliveira (2013) analisaram a qualidade do aterro sanitário de Palmas/TO, região Norte do país, ratificando a aplicabilidade do IQR, que é capaz de avaliar a continuidade de operação ou a necessidade de fechamento de um local de disposição de resíduos sólidos e no estabelecimento das medidas corretivas.

3.6 IMPACTOS AMBIENTAIS DOS ATERROS SANITÁRIOS

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA conceitua o termo impacto ambiental, para se estabelecer definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como um dos

instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, então, de acordo com a Resolução CONAMA N° 001, de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental é:

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 estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Quando se trata de empreendimentos impactantes, os impactos são avaliados de acordo com a ocorrência que podem vir a desencadear em todas as suas fases, seja no planejamento, instalação, operação e desativação, como os aterros sanitários são empreendimentos impactantes necessitam de tratamento diferenciado, tal qual aborda Porciúncula (2014). Além disso, o aterro deve estar adequado ao tipo de resíduo que recebe, já que se for Classe I ou Classe II as suas atividades carecem de ações de acordo com o seu potencial de contaminação.

Os impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos podem ser classificados, como aborda Vindoura-Gomes *et al.* (2015), de acordo com a área afetada, podendo ser: a Área Diretamente Afetada (ADA), correspondente à própria área do empreendimento sanitário; a Área de Influência Direta (AID), referindo-se às localidades que circundam o empreendimento; e Área de Influência Indireta (AII), tratando-se dos ecossistemas e sistema socioeconômico impactado.

Aterros sanitários são de acordo com Hammes *et al.* (2016), obras que trazem impactos ao meio ambiente, sejam eles impactos bióticos, sob a fauna e flora; físicos, comprometendo o solo, água e ar; e antrópicos, afetando os catadores e aspectos da sociedade em geral. Assim, faz-se necessário analisar os impactos referentes a cada esfera, a fim de facilitar o entendimento, e consequente sua mitigação.

Os impactos ao meio biótico incidem nas características da fauna e flora da localidade, tal como traz Borges (2016), pois atraem vetores, como urubus, insetos, mosquitos e ratos, gerando competição de espaço entre espécies nativas e aves oportunistas, afugentamento da fauna, morte de animais por atropelamento e alteração qualidade de vida das espécies da ictofauna. Quanto à flora, ocorre ausência de cobertura vegetal, retardo no desenvolvimento das plantas e intoxicação das raízes em caso de vazamento do sistema de impermeabilização e drenagem.

Os impactos ao meio físico alteram as condições dos compartimentos ambientais. Matos (2011) discorre que o chorume oriundo da degradação da matéria orgânica é uma das principais fontes de poluição da má disposição dos resíduos sólidos, pois no que se refere aos recursos

hídricos, pode alterar a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) da água quando despejado nas águas superficiais e ao atingir os aquíferos pode poluir poços e causar endemias devido a presença de organismos patogênicos.

Borges (2016) explana também sobre os impactos ao ar e ao solo. A qualidade do ar é alterada pela poeira proveniente dos veículos, equipamentos e escavações, a liberação de odores ofensivos, a geração de gases tóxicos e Gases do Efeito Estufa (GEE) e a poluição sonora, e no solo ocorre poluição e até contaminação devido ao chorume, por:

possuir espécies metálicas que não se degradam em altas concentrações e permanecem no solo e nos sedimentos por períodos longos ou até serem recolocados no meio, devido a transformações químicas e alterações nas condições ambientais (BORGES, 2016, p. 53).

Já os impactos antrópicos envolvem as alterações em todas as suas formas nas vidas da população. No âmbito econômico, a obra do aterro sanitário pode impactar positiva ou negativamente. Em um cenário adverso, os gastos financeiros tornam-se exacerbados para se obter a adequação do modelo ideal, porém se realizada uma fiel gestão são poupados trabalhos dispendiosos, evitados esgotamentos de recursos para a regularização e recuperação do local, pois como afirma Côrrea e Vasconcelos Júnior (2017), o aterro se apresenta como condição que reduz custos para regiões metropolitanas, pois os municípios optam estabelecer acordos por meio de consórcios ou outras formas de cooperação, no que se refere a gestão dos resíduos sólidos produzidos em cada localidade.

Os catadores do mesmo modo são impactados. Lima (2018) relata que o trabalho do catador individual, que atuava nas ruas e lixões, trazia um imaginário profundamente negativo, rodeado de ideias de exclusão e marginalidade, já com o trabalho dos catadores organizados coletivamente, que é o que acontece em cooperativas e associações deixa-se de ver a carência, a necessidade e a precariedade, para encontrar a igualdade. Outra questão é que a catação deixa de ser exercida como uma prática na invisibilidade, passando a denotar para a população em geral a sua importância para o meio ambiente.

Assim, a informalidade dos catadores é uma questão bastante negativa quando não se há um planejamento adequado, acarretando em problemas de saúde a esses agentes, marginalização, vulnerabilidade, falta de oportunidades no mercado, etc., mas em situações de adequação do trabalho desse grupo, evitam-se riscos de saúde e desproteção legal. Verifica-se conseqüentemente que no aterro sanitário, se houver condições adequadas de serviços, o cenário é benéfico para os catadores e para a população.

Godecke *et al.* (2012) relata quanto à saúde da população, sendo que os vetores causam inúmeras doenças, como a peste bubônica, leptospirose, febre, cólera, tuberculose, lepra, varíola, hepatite, amebíase, teníase, dengue, febre amarela, malária, poliomielite e toxoplasmose. Existem ainda danos à saúde originados pela absorção de substâncias nocivas, que são os metais pesados, presentes na sucata eletrônica, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, pneus, etc. Outro problema social abordado pelo autor é o incômodo gerado pelo mau cheiro prejudicando o bem-estar da população do seu entorno, que ainda sofre com a desvalorização de seus imóveis.

Segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRES (2018), outras deficiências frequentemente encontradas são: fogo, fumaça, odor, prejuízo à estética e paisagem local, bem como as falhas operacionais, envolvendo as vias de acesso intransitáveis durante os períodos chuvosos, falta de controle e vigilância da área, descontrole dos resíduos recebidos, incluindo a ausência de procedimentos para inspeção, pesagem e falta de critérios para disposição do lixo no solo, com o manejo impróprio do lixo.

Oliveira Filho (2013) afirma, portanto, que fazer um diagnóstico das causas e consequências dos problemas ambientais é de grande importância para instrumentalizar políticas e meios de prevenção, na busca de melhores condições ambientais, por isso a necessidade de se estudar os impactos ambientais.

3.7 CONTROLE E MITIGAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DOS ATERROS SANITÁRIOS

Segundo Borges (2016) ao se identificar os impactos ambientais provocados pelo empreendimento é possível fazer uma listagem dos riscos ambientais para a quantificação dos impactos e o estabelecimento de prioridades das ações mitigadoras. Além disso, faz-se necessário o monitoramento dos impactos gerados com a implantação de aterros sanitários que envolvem os três aspectos, sendo eles: monitoramento no meio físico, biótico e antrópico.

Para o controle e mitigação de impactos ambientais no meio físico, como trata Borges (2016) precisam ser feitos a impermeabilização do solo, domínio dos resíduos que chegam ao local, compactação eficiente do sistema, implantação de drenos de gases com queimadores, implantação de sistema para drenagem de águas pluviais, prevenção de assoreamento, monitoramento dos produtos gerados no aterro sanitário, realização do isolamento dos resíduos, etc.

No meio biótico, ainda segundo a autora, podem ser feitos para mitigar os impactos gerados à fauna e flora o plantio de espécies vegetais como compensação, bem como de mudas atrativas aos animais em áreas apropriadas.

No meio antrópico deve existir controle dos vetores a fim de se evitar a sua proliferação e a consequente disseminação de doenças na população. Outro aspecto é que impactando positivamente esse grupo para redução de resíduos sólidos gerados, a problemática em si é facilitada, Bouscheidt *et al.* (2018) relatam que a separação e gestão dos resíduos sólidos domésticos, apesar de apresentar muitos avanços, ainda não ocorrem de maneira adequada, por isso a divulgação de campanhas educativas.

De acordo com Godecke *et al.* (2012) as campanhas educativas são importantes na minimização da geração de resíduos, porque apesar das mudanças culturais serem lentas, desperta-se a consciência ambiental na população. Tem-se ainda que, de acordo com Hammes *et al.* (2016),

para que o processo de mitigação dos impactos ambientais funcione de maneira adequada percebe-se que o trabalho deve ser realizado de forma integrada entre a população a quem cabe a segregação correta, o poder público com a coleta seletiva eficiente, e o catador como agente ambiental auxiliando na inserção dos resíduos potencialmente recicláveis novamente na cadeia produtiva. Muitas são as contribuições desses trabalhadores, mas a capacitação específica poderia potencializar os benefícios desta atividade e o grau de aproveitamento dos resíduos descartados pela sociedade (HAMMES *et al.*, 2016, p. 6).

Côrrea e Vasconcelos Júnior (2017) afirmam que a redução dos impactos ambientais gerados em decorrência de aterros sanitários que operam de maneira inadequada e as propostas de manejo e tratamento adequados para o lixo urbano têm sido uns dos grandes desafios para a implantação da PNRS. Porém, dar a relevância tanto social e econômica na solução de todas as fases de processamento do lixo, visando a redução de impactos ambientais e melhoria das condições de saúde pública é o passo para se alcançar a sustentabilidade das cidades.

Ribeiro (2016) complementa afirmando que o aterro sanitário não elimina os impactos ambientais negativos, mas os minimiza com a sua adequada implantação e, principalmente a sua correta operação, sendo que os resultados que são obtidos do controle e mitigação dos impactos ambientais negativos estão relacionados com a qualidade do projeto de engenharia, bem como do encaminhamento das atividades e processos.

4. METODOLOGIA

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Santos (2015), as pesquisas podem se caracterizar segundo os objetivos, fontes utilizadas na coleta de dados ou procedimentos de coleta. Quanto aos objetivos, que é o fato de alcançar respostas inéditas, o presente estudo se classifica como exploratório, visto que são encontradas informações já disponíveis a respeito do assunto, na forma de literatura revisada por pares, visitas a websites, etc.

Quanto às fontes de dados, ou seja, os locais de onde são extraídas as informações necessárias, qualifica-se por pesquisa de campo, recolhendo os elementos *in natura* (primários), por observação direta e levantamento de caso, bem como por fontes de dados já catalogados (secundários), em que se buscam documentos já organizados e analisados, que possuam credibilidade. Por fim, quanto aos procedimentos de coleta de dados, que são os métodos práticos usados na junção de raciocínios em torno de um fato, é classificado como pesquisa bibliográfica, recorrendo à literatura técnica científica do objeto de estudo.

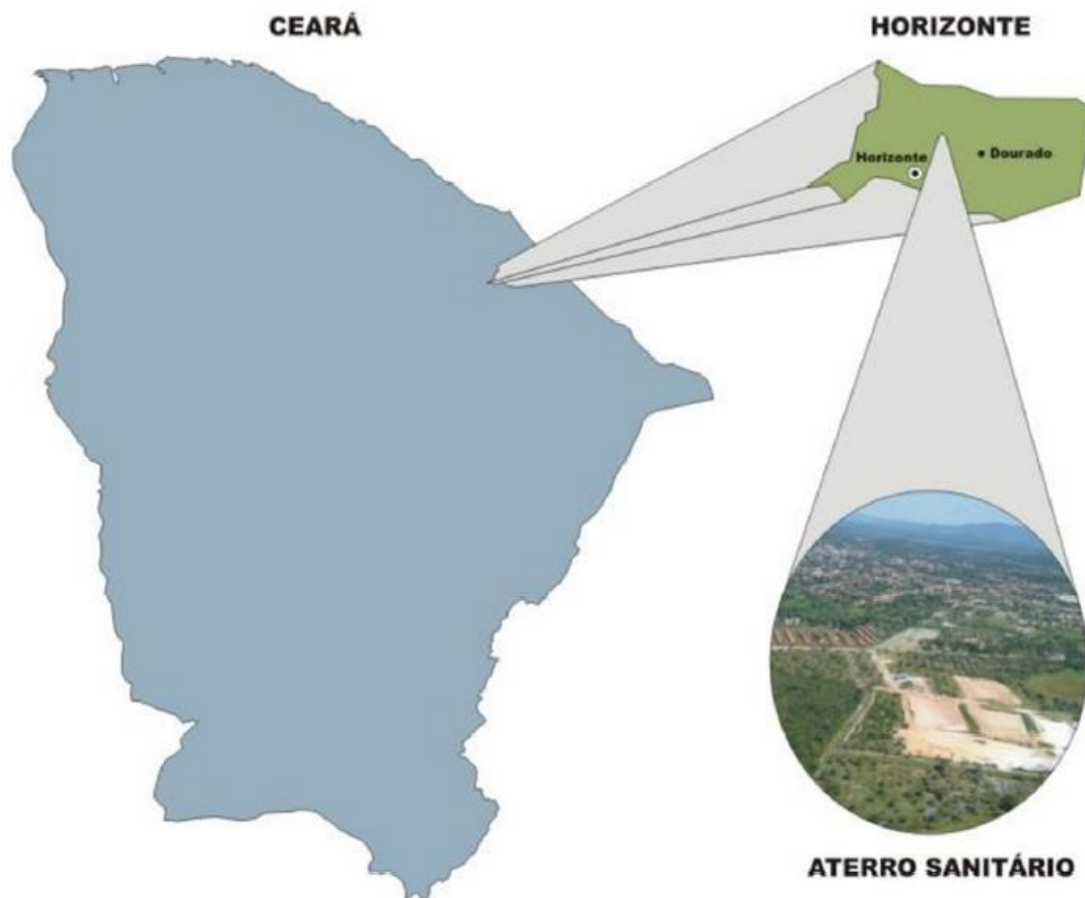
4.2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo engloba o aterro sanitário do município de Horizonte, que se localiza no Estado Ceará, região Nordeste do Brasil. Esse município, segundo o IBGE (2010) possuía até este último censo uma população de 55.187 habitantes, apresentando um crescimento populacional nos últimos anos, com estimativa de 66.114 pessoas para o ano de 2018.

Albuquerque (2012) enuncia que Horizonte/CE vem recebendo grandes indústrias, por isso a cidade apresenta uma nova dinâmica urbana e um consequente aumento do fluxo populacional advindo do interior cearense. Com essa realidade, houve um expressivo crescimento da população residente, logo surgiu uma maior pressão antrópica sobre os sistemas ambientais, ocasionando e necessitando de amplas discussões acerca da dinâmica ambiental e das diferentes formas de apropriação desses espaços, justamente pelas consequências resultantes dos processos de uso e ocupação da terra inadequados.

Horizonte faz limite com os municípios de Aquiraz e Itaitinga ao Norte, Cascavel a Leste, Itaitinga e Guaiúba a Oeste e Pacajus ao Sul, possui extensão territorial de aproximadamente 160,77 km² e dista 40 km da capital do Ceará, fazendo parte da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF (Figura 1).

Figura 1 – Localização do aterro sanitário de Horizonte/CE



Fonte: PGIRS de Horizonte/CE (2015)

De acordo com o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS (2015) de Horizonte/CE, os climas predominantes são: o tropical quente sub-úmido e o tropical quente semiárido brando. A pluviosidade média anual é de cerca de 780 mm considerando os meses de janeiro a maio como período chuvoso. A temperatura média anual varia entre 26 e 28°C. Outro fator que merece ser mencionado é o seu relevo, que é classificado como plano e integra a faixa de tabuleiros pré-litorâneos e das depressões sertanejas. Já os tipos de solo predominantes são os neossolos quartzarênicos e os luvisolos crômicos, possuindo uma vegetação natural composta pelo cerrado e complexo vegetacional da zona litorânea.

A disposição final dos resíduos sólidos do município de Horizonte/CE é realizada no aterro sanitário que se situa no distrito de Dourado, localizado a aproximadamente 2,5 Km do centro da cidade. Esse dispositivo recebe resíduos domiciliares; públicos; de serviço de saúde, cujos rejeitos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico devem ser encaminhados para disposição final ambientalmente adequada, de acordo com a Anvisa

Resolução RDC Nº. 222, de 28 de março de 2018; e de limpeza urbana (poda), classificando-se como aterro Classe II, com base na ABNT 10.004/2004.

Ainda segundo o PGIRS de Horizonte/CE (2015), o aterro sanitário funciona desde 2007, abarcando uma área total de 18,75 ha e capacidade para receber 1.260.118 m³ de resíduos. A vida útil foi estimada pelo seu projeto original em 20 anos, cujo dimensionamento foi feito para dezoito células de resíduos domiciliares e área para disposição de resíduos de poda. Atualmente duas células já foram preenchidas e a terceira segue recebendo os resíduos sólidos.

4.3 INSTRUMENTOS DE PESQUISA

No estudo, algumas ferramentas foram utilizadas como procedimentos metodológicos. Para a caracterização da área de estudo pesquisas bibliográficas já realizadas na região foram investigadas para dar embasamento científico à pesquisa. Quanto à busca pelas características qualitativas e quantitativas dos resíduos foram consultados os dados públicos do PGIRS de Horizonte/CE, auxiliando por meio destas informações no desenvolvimento do estudo. Além disso, houve registros fotográficos do aterro sanitário municipal, realizados no ano de 2019, mediante visita *in loco*.

Por se tratar de uma pesquisa de campo, Ruiz (2013) descreve que consiste na observação dos fatos que ocorrem na face real, na coleta de dados e no registro de variáveis, para isso algumas outras técnicas foram aplicadas, como o formulário do Índice de Qualidade do Aterro de Resíduos Sólidos – IQR proposto pela CETESB (2017), buscando verificar como se enquadram as condições do dispositivo para disposição final dos resíduos sólidos.

Já para investigar os impactos ambientais provocados por essa atividade, foi aplicado o método de listagem de controle, também conhecido por *check list*, sendo adaptado da literatura, por Gomes *et al.* (2015), que assim como aplicado por Valdetaro *et al.* (2015) relatam que a listagem de controle possui fácil aplicação. Ainda corroborando com o pensamento, Cremonez *et al.* (2014) afirmam que com a utilização de um método é possível obter avaliações de impactos mais precisas e confiáveis, a fim de mitigar os que forem negativos ao meio.

Por meio do método *check list*, através de uma lista de verificação transposta para a matriz de identificação, aplicado ao representante do corpo técnico do aterro sanitário de Horizonte/CE foi realizado o levantamento de dados apresentando os aspectos e impactos ambientais desta atividade, para posterior proposição de ações de mitigação dos impactos ambientais negativos.

Constituiu-se pelo método de avaliação baseada no procedimento de identificação do Sistema de Gestão Ambiental da Unisinos (SGA UNISINOS, 2015) conforme citado por Gomes *et al.* (2015). Trata-se de uma adaptação da metodologia utilizada neste estudo, buscando analisar cada aspecto ambiental (AA) considerando quatro critérios para a posterior caracterização dos impactos ambientais (IA), tem-se assim situação operacional (Quadro 2) como um dos critérios a serem utilizados.

Quadro 2 – Situação operacional

SITUAÇÃO	DESCRIÇÃO
Normal (N)	Situações esperadas e relacionadas com a rotina operacional
Emergencial (E)	Eventos inesperados que podem ocasionar danos graves ao meio ambiente e/ou à saúde do trabalhador.

Fonte: Adaptado de SGA UNISINOS (2015) apud Gomes *et al.* (2015)

A probabilidade ou frequência de um aspecto ambiental ocorrer (Quadro 3) é outro ponto analisado.

Quadro 3 – Probabilidade ou frequência de um aspecto ambiental ocorrer

CLASSE	DESCRIÇÃO	FREQUÊNCIA	PONTUAÇÃO
Extremamente remota	Aspecto nunca ocorreu ou está sob controle	O aspecto ambiental ocorre em menos de 20% das atividades	1
Remota	Aspecto ocorreu em empresas do setor	O aspecto ambiental ocorre entre 21% e 40% das atividades	2
Possível	Aspecto já ocorreu em empresas similares, ou evento teoricamente possível, sem registros	O aspecto ambiental ocorre entre 41% e 60% das atividades	3
Frequente	Aspecto ocorre em empresas eventualmente	O aspecto ambiental ocorre entre 61% e 80% das atividades	4
Muito frequente	Aspecto possui grande histórico de ocorrência em empresas	O aspecto ambiental ocorre em mais de 81 % das atividades	5

Fonte: Adaptado de SGA UNISINOS (2015) apud Gomes *et al.* (2015)

A severidade (Quadro 4) mostra o quanto um impacto ambiental pode ser grave, recebendo também uma pontuação de acordo com cada característica.

Quadro 4 – Severidade de um impacto ambiental

SEVERIDADE	CARACTERÍSTICAS	PONTUAÇÃO
Isento	Inexistência de Impacto Ambiental	0
Leve	Impacto Ambiental restrito ao local de ocorrência	1
Moderado	Impacto Ambiental restrito à empresa, reversíveis com ações mitigadoras	2
Sério	Impacto Ambiental restrito ou não à empresa, reversível com ações mitigadoras ou corretivas	3
Grave	Impacto Ambiental restrito ou não à empresa, reversível com ações corretivas	4
Catastrófica	Impacto Ambiental restrito ou não à empresa, com consequências irreversíveis mesmo com ações corretivas	5

Fonte: Adaptado de SGA UNISINOS (2015) apud Gomes *et al.* (2015)

Tem-se ainda classificação do grau de risco (Quadro 5), com isso torna-se possível estabelecer a significância dos impactos advindos deste empreendimento para a posterior proposição de medidas mitigadoras.

Quadro 5 – Classificação do grau de risco

GRAU DE RISCO	CARACTERÍSTICA	PONTUAÇÃO
Isento (IS)	Isento de grau de risco	0
Menor (ME)	Grau de risco menor	1 a 4
Tolerável (TO)	Grau de risco tolerável	5 a 9
Moderado (MO)	Grau de risco moderado	10 a 12
Sério (SE)	Grau de risco sério	13 a 19
Intolerável (IN)	Grau de risco intolerável	20 a 25

Fonte: Adaptado de SGA UNISINOS (2015) apud Gomes *et al.* (2015)

Então, aplicando o estudo semelhante ao utilizado por Gomes *et al.* (2015), foi feito o cruzamento entre a probabilidade ou frequência de um impacto ocorrer *versus* a sua severidade, por meio da multiplicação desses parâmetros para analisar o potencial impacto ambiental, resultando assim no grau de risco, como mostra o Quadro 6, cujo seu nível pode ser isento, menor, tolerável, moderado, sério e intolerável. Além disso, como os autores tratam os dados, são significativos todos os aspectos e impactos classificados como sério e intolerável, pois são os mais relevantes e passíveis de controle, apresentados no Quadro 7, sendo por meio deste cenário que será efetuada a proposta geral de mitigação.

Quadro 6 – Grau de risco

		PROBABILIDADE/FREQUÊNCIA				
		1	2	3	4	5
SEVERIDADE	0	Isento	Isento	Isento	Isento	Isento
	1	Menor	Menor	Menor	Menor	Tolerável
	2	Menor	Menor	Tolerável	Tolerável	Moderado
	3	Menor	Tolerável	Tolerável	Moderado	Sério
	4	Menor	Tolerável	Moderado	Sério	Intolerável
	5	Tolerável	Moderado	Sério	Intolerável	Intolerável

Fonte: Adaptado de SGA UNISINOS (2015) apud Gomes *et al.* (2015)

Mediante o cenário diagnosticado pelas ferramentas de análise foram apresentadas propostas de técnicas para adequação, controle e regularização do aterro sanitário em estudo. Tal como, foram expostos mecanismos voltados à sua mitigação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE HORIZONTE/CE

Os resíduos sólidos do município de Horizonte/CE foram analisados a partir de suas características físicas, posto que é a partir desta caracterização, segundo Leme e Jóia (2006) que se identificam os diferentes tipos de materiais encontrados e é um importante meio para o planejamento de sistemas de tratamento e para o gerenciamento dos resíduos pela administração pública. Além disso, como fatores limitantes para realização das outras características (químicas e biológicas) exige-se tempo e investimentos financeiros maiores, o que não permitiu a verificação de tais análises dos resíduos deste município.

Então, segundo informações do PGIRS (2015) do município de Horizonte/CE, o peso específico aparente médio dos resíduos sólidos, ou seja, o peso do lixo solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação, foi obtido pela média aritmética das amostras analisadas, sendo igual a 143,05 kg/m³. Este valor se encontra um pouco abaixo da média nacional estimada pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM (2001), que varia de 150 a 250 kg/m³, este fato se deve a presença de resíduos mais leves na composição, como folhas e gravetos, coletados pela limpeza pública. Rezende *et al.* (2013) confirmam que conhecer esta informação é importante para o gerenciamento da coleta, transporte e disposição final no que diz respeito à determinação da capacidade volumétrica necessária para estas etapas.

Quanto a composição gravimétrica dos resíduos sólidos que informa o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de lixo analisada, tem-se no estudo do referido plano os componentes encontrados, que podem ser visualizados no Quadro 7:

Quadro 7 – Composição gravimétrica média dos resíduos sólidos de Horizonte

Componentes (Total)	Porcentagem (%)
Metal Ferroso	3,0
Metal não Ferroso	0,0
Plástico Duro	4,0
Plástico Mole	12,0
Papelão	2,0
Papel	1,0
Vidro	2,0
Matéria Orgânica	61,0
Tetrapack	2,0
Resíduo de Origem Sanitária	11,0

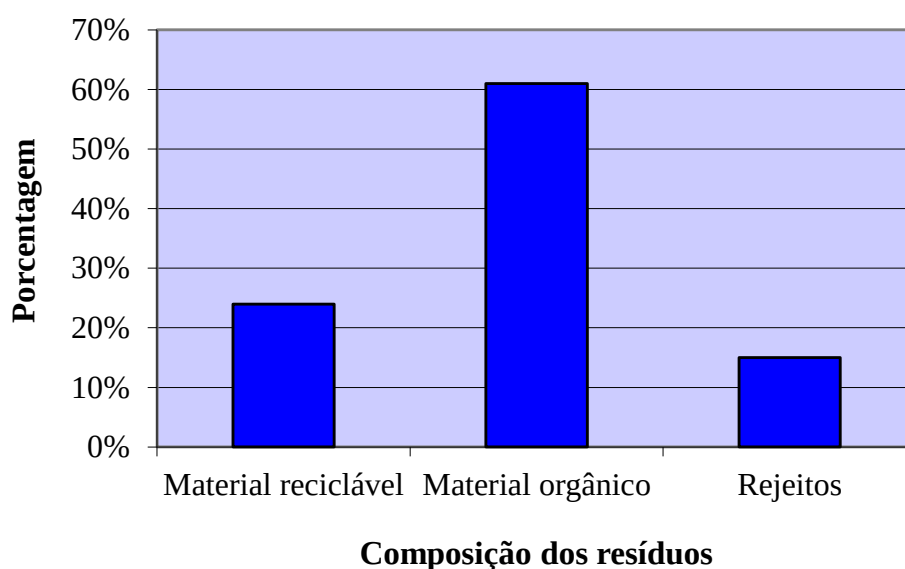
Resíduo de Serviço de Saúde	0,0
Trapos	0,0
Outros	2,0

Fonte: Adaptado do PGIRS de Horizonte/CE (2015)

O maior percentual encontrado foi o de matéria orgânica, indicando que a geração desses resíduos, seja domiciliar ou público se sobressaem. Leme e Jóia (2006) corroboram com seus estudos, exemplificando que na cidade de Aquidauana/MS a produção de matéria orgânica é de 72,67%. Em ambos os casos é visto que o nível de arborização da cidade e o tamanho médio dos lotes influenciam diretamente na produção de resíduos, principalmente no componente da matéria orgânica, relacionado à produção de folhas. Tal fração uma vez descartada no aterro está propensa a maior geração de chorume, tal como biogás.

O Gráfico 1 mostra a divisão dos resíduos quando agrupados em recicláveis, não recicláveis e matéria orgânica. A divisão é importante para verificar em quantitativo o potencial dos materiais que podem ser reaproveitados.

Gráfico 1 – Composição dos resíduos segundo o potencial reciclável



Fonte: Adaptado do PGIRS de Horizonte/CE (2015)

Como recicláveis, enquadram-se o papel e papelão, plásticos, metais e vidro, representando 24,0% do total, sendo assim, como explanam Santos *et al.* (2018) é necessária a separação eficiente dos resíduos, para que não sejam aterrados aqueles que ainda tem valor de venda ou que possam ser transformados energeticamente de alguma forma.

A composição da parte da matéria orgânica é de 61%. Tais resíduos podem ser utilizados em compostagem para geração de adubo orgânico, Santos *et al.* (2018) também afirmam que estes materiais representam a maior parcela da composição gravimétrica dos resíduos, principalmente em países em desenvolvimento, e havendo o aumento na eficiência deste processo de compostagem na cidade e a melhoria na separação dos resíduos orgânicos, influenciará extremamente na duração de um aterro sanitário, além de dar valor comercial a este composto e de criar uma alternativa aos outros fertilizantes comercializados no mercado.

Com isso, apenas 15% deveria ir realmente para o aterro sanitário, já que esse quantitativo representa o percentual de rejeitos, ou seja, os materiais que não podem ser reaproveitados, tal qual trazem Berticelli *et al.* (2017). Com o correto gerenciamento, englobando a reciclagem e compostagem, por exemplo, haverá redução de gastos no aterro, aumento de sua vida útil, geração de renda e minimização de impactos ambientais decorrentes do descarte de resíduos sólidos, que causam poluição das águas, solo e ar.

Outra característica física analisada e descrita no PGIRS (2015) é a geração per capita de resíduos sólidos no município que foi de 0,85 kg/hab.dia. Fazendo um comparativo com a última análise, realizada em 2007, o estudo original indicava 0,71 kg/hab.dia. O resultado confirma as melhorias sociais da população ocorridas nos últimos 8 anos. Essa melhoria se dá pelo aquecimento da economia e formação de novos consumidores, como abordam Schueler *et al.* (2018), aumentando o consumo de produtos ou bens e a produção de resíduo por habitante ao dia.

Martinez *et al.* (2012) apontam que o aumento das quantidades de resíduos produzidas nas populações pode ser creditado em parte não somente à maior produção em si, que representa elevações da demanda por diversos produtos que passaram a ser consumidos em diferentes escalas, favorecendo consequentemente a geração dos resíduos, mas também a melhora nos serviços de coleta. Isto pôde ser observado através da comparação entre as análises dos anos 2007 e 2015, assim se justificando o aumento da geração per capita de resíduos sólidos. Além disso, este valor está basicamente na média de geração per capita de cidades de médio porte, como descreve o manual do IBAM (2001), trazendo que em cidades de 30 a 500 mil de habitantes é de 0,50 a 0,80 kg/hab.dia.

Não houve caracterização da compressividade, que é o grau de redução do volume que uma massa de lixo pode sofrer quando compactada, nem teor de umidade, que representa a quantidade de água presente medida em percentual do seu peso, por limitações técnicas e financeiras do estudo desenvolvido.

5.2 ATUAL GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE HORIZONTE/CE

De acordo com o PGIRS (2015), no município de Horizonte/CE o acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos é realizado através de duas formas: pela Prefeitura, com contêineres metálicos de 3 a 5 m³ distribuídos em locais estratégicos e pela população, com sacos plásticos e caixas de papelão. É visualizado que o acondicionamento da maioria dos contêineres encontra-se em péssimo estado de conservação, necessitando de uma recuperação na pintura e sua estrutura. Esses contêineres metálicos muitas vezes transformam-se em pontos de acúmulo indevidos de resíduos, que quando cheios ainda recebem resíduos, gerando um amontoado de lixo ao redor, sendo assim outro fator preocupante na questão de proliferação de vetores, por isso deve ser visto como um fator de relevância para a efetivação de um adequado sistema de gerenciamento de resíduos sólidos.

Ainda de acordo com o PGIRS (2015), o serviço de coleta regular de resíduos domiciliar e comercial atende basicamente toda área urbana do município e, inclusive, alguns pontos da zona rural. A coordenação de urbanismo e limpeza pública estima que a cobertura do serviço abranja cerca de 90% do território do município. A coleta ocorre no período diurno, de 7 às 11h e de 13 às 17h, de segunda a sexta-feira. Nos finais de semana é realizada das 7 às 11h. A etapa da coleta no centro e proximidades é realizada porta a porta, em que os resíduos são acondicionados e dispostos nas calçadas pela população de acordo com os horários de coleta, para então serem recolhidos e depositados nos veículos coletores. Já nas outras localidades, a maior parte da coleta é feita a partir do descarregamento dos tambores existentes nas vias públicas.

São coletados também Resíduos de Construção e Demolição (RCD), Resíduos de Serviço de Saúde (RSS), além dos oriundos da limpeza pública, como os de podas de árvores, varrição e raspagem, capinação, limpeza de dispositivos de drenagem e limpeza de feira, englobando a classe II dos resíduos sólidos recolhidos. Ressalta-se que o mau gerenciamento acarreta em gastos ainda maiores para a gestão, já que em casos como a limpeza pública há o aumento do volume de resíduos constituído em grande parte por fragmentos do solo, o que provoca um acréscimo exagerado no peso dos resíduos coletados e transportados ao destino final, tornando assim o serviço menos eficiente e mais oneroso.

Para etapa de tratamento, o PGIRS (2015) aborda que o referido município dispunha de uma usina de triagem de resíduos recicláveis localizada na área do próprio aterro sanitário, para separação dos materiais com potencial de reaproveitamento, os demais seriam transferidos para as células, porém atualmente está inativada, por não ter ocorrido continuidade com as

atividades, tal como não ter obtido bons resultados devido ao incorreto gerenciamento, tornando-se abandonada, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Condições de usina de triagem inativada



Fonte: Autoria própria (2019)

O espaço possui disponibilidade para descarga de resíduos, área de triagem com duas esteiras mecânicas, área de beneficiamento e armazenamento dos materiais, vestiário, cozinha, banheiro e escritório, como é visto na Figura 3.

Figura 3 – Vista superior da área da usina de triagem



Fonte: Autoria própria (2019)

Todavia, o local ainda se mostra insuficiente em dimensões estruturais, associado à má gestão a usina se encontra atualmente em péssimas condições de manutenção, inviabilizando a sua funcionalidade, devendo com urgência passar por uma reforma e ampliação, bem como novo planejamento frente o gerenciamento, que venha a possibilitar o retorno às atividades e

tratamento de resíduos que hoje são levados para as células do aterro, reduzindo a sua vida útil. Por fim, a disposição final dos resíduos sólidos em Horizonte/CE é feita nas células do aterro sanitário, que recebe conjuntamente os resíduos domiciliares, comerciais, públicos, de serviço de saúde e de limpeza urbana. O aterro pode ser visto na Figura 4:

Figura 4 – Vista do aterro sanitário de Horizonte/CE



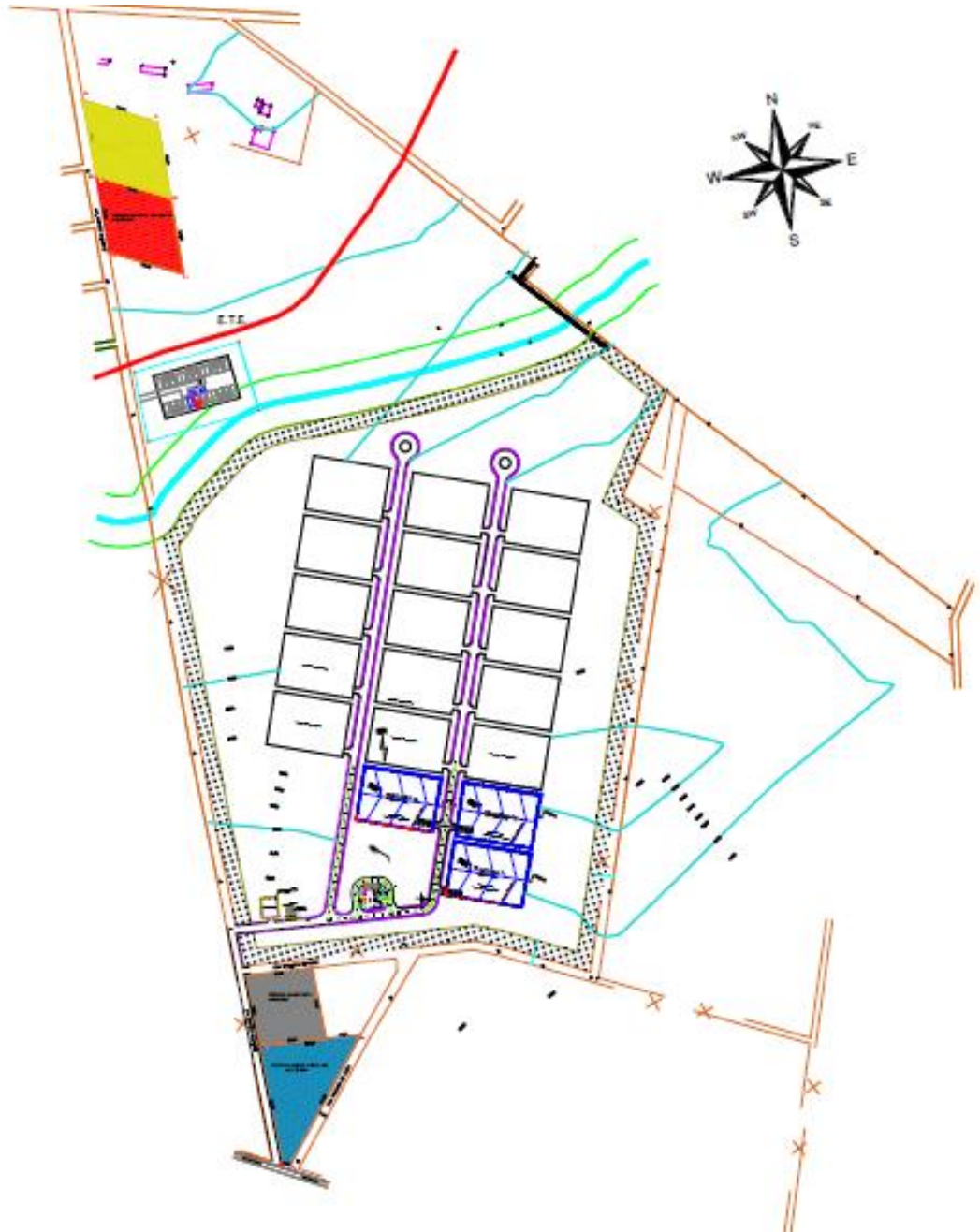
Fonte: Autoria própria (2019)

Logo, diante do cenário apresentado em relação ao atual gerenciamento de resíduos sólidos do município de Horizonte/CE, faz-se necessário uma urgente mudança, pois como afirmam Rodrigues e Menti (2018), é preciso direcionar as políticas a atividades que desenvolvam um novo ciclo, em que devem estar envolvidas questões técnicas, ambientais e sociais, para isso os aspectos devem abranger o acondicionamento e coleta, para otimizar o tempo dos itinerários e reduzir gastos com viagens; o tratamento, buscando inserir os resíduos em uma nova cadeia produtiva para minimizar os impactos ambientais; e a disposição final, para que somente os rejeitos devam ser levados ao aterro sanitário.

5.3 CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO ATERRO SANITÁRIO

O aterro sanitário de Horizonte/CE se localiza a 2,5 km do centro da cidade, funcionando desde o ano de 2007. Possui área total de 18,75 ha e capacidade para receber cerca de 1.200.000 m³ de resíduos. Sobre a sua vida útil, no projeto inicial foi estimada para 20 anos, além disso, o aterro foi dimensionado com 18 células (Figura 5) e atualmente a 3ª célula está sendo preenchida. O PGIRS (2015) estima-se que o dispositivo recebe em média um total de 9.700 m³ de resíduos por mês, equivalente a 2.420 toneladas.

Figura 5 – Croqui do aterro sanitário de Horizonte/CE



Fonte: Adaptado da Prefeitura Municipal de Horizonte/CE (2019)

O PGIRS (2015) informa que os serviços de limpeza urbana em Horizonte/CE são executados pela empresa Alfa prime construção LTDA, contratada pela Prefeitura Municipal, operando nos serviços de coleta de resíduos domiciliares, de RSS e de poda; varrição, capina e limpeza de feira; e operação do aterro sanitário. Essas atividades são realizadas separadamente, cujos serviços são feitos em horários e dias alternados, a depender do tipo de resíduo coletado, ou seja, em dias alternados há coleta dos domiciliares e comerciais já em outros são os demais. Então, a Prefeitura, através da coordenação de urbanismo e limpeza pública, ligada à Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA), coordena e fiscaliza o sistema de limpeza, além de executar a coleta de RCD e administrar o aterro sanitário.

O aterro sanitário, que já está há 12 anos em funcionamento, apresentou alguns problemas de cunho estrutural e operacional, como percebido em visitas, registros fotográficos, além dos próprios *check-list* e IQR aplicados. O plano ainda expõe que não há balança correta para aferição da quantidade de resíduos recebidos, sendo realizado para obtenção de valores apenas cálculos matemáticos estimativos. Também foram investigados que não há funcionários atuando diretamente no local, apenas aqueles que trabalham na limpeza urbana e que levam os resíduos intinerariamente e os veículos utilizados são os caminhões compactadores por apresentarem maior rendimento e serem mais econômicos.

Segundo o PGIRS (2015), as atividades de espalhamento, compactação e recobrimento dos resíduos têm sido feitas sem acompanhamento sistemático de um técnico especializado e em desacordo com as normas de operação de aterros sanitários, que para aterros de resíduos não perigosos, a ABNT NBR 13.896/1997 fixa critérios para projeto, implantação e operação. Existe o descumprimento da norma, pois não foram estabelecidas exigências relativas à localização, segregação e análise de resíduos, nem monitoramento, inspeção ou treinamento de pessoal. Além disso só possui a licença prévia e de instalação, sendo desconhecido a existência da licença de operação.

Quanto ao sistema de coleta de líquidos percolados, não foi totalmente implantado, sendo que apenas nas duas primeiras células ou trincheiras é que existe a impermeabilização do solo, através do próprio solo, com camadas argilosas; sistema para coleta de chorume e saída de gás. Barbosa e De-campos (2015) esclarecem que este monitoramento é essencial para verificar a qualidade dos sistemas de proteção e mitigação de impactos, pois sem as mantas impermeabilizantes, por exemplo, pode ocorrer o rompimento e contaminação do solo e do lençol freático.

Os trabalhadores que chegam ao local realizando o transporte dos resíduos não utilizam os adequados Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) como botas, luvas, óculos, protetor

auricular, capacetes e uniformes, representando alto risco à saúde, tal como afirmam Abreu *et al.* (2016). Há insuficiência de material e máquinas, como a ausência da pá carregadeira nas atividades de operação do aterro, existindo só os dois caminhões compactadores. Outra questão é que o monitoramento e controle ambiental não são realizados de maneira satisfatória, sendo feitos em raras vezes, além disso também são recebidos resíduos indevidos, dos quais o aterro não foi projetado para receber, como os oriundos do matadouro público, representando mais um risco ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores. Assim, mais estudos devem ser feitos para analisar as condições de operação do aterro, em que poderá possibilitar as devidas interferências na estrutura para a sua adequação regular.

5.4 QUALIDADE DO ATERRO SANITÁRIO DE HORIZONTE/CE

Para análise da qualidade do aterro sanitário de Horizonte/CE foi utilizado o cálculo do IQR, proposto pela CETESB (2017), em que são avaliados 33 critérios com diferentes pesos. Silva *et al.* (2016) abordam que a adoção de indicadores, sub-índices e índices, podem servir como referenciais para o planejamento e melhorias operacionais dos serviços.

O primeiro item avaliado trata-se da estrutura de apoio, em que foi respondido que a portaria, balança e vigilância, além do isolamento físico, isolamento visual e acesso à frente de trabalho são insuficientes, como visto no Quadro 8.

Quadro 8 – Avaliação da estrutura de apoio do aterro sanitário de Horizonte/CE

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
ESTRUTURA DE APOIO	1. Portaria, balança e vigilância	Sim/suficiente	2	0
		Não/insuficiente	0	
	2. Isolamento físico	Sim/suficiente	2	0
		Não/insuficiente	0	
	3. Isolamento visual	Sim/suficiente	2	0
		Não/insuficiente	0	
	4. Acesso à frente de trabalho	Adequado	3	0
		Inadequado	0	

Fonte: Adaptado da CETESB (2017)

O segundo item avaliado foi a frente de trabalho, cujas dimensões, compactação e recobrimento dos resíduos se mostram inadequados, como traz o Quadro 9.

Quadro 9 – Avaliação da frente de trabalho do aterro sanitário de Horizonte/CE

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
FRENTE DE TRABALHO	5. Dimensões da frente de trabalho	Adequadas	5	0
		Inadequadas	0	
	6. Compactação dos resíduos	Adequada	5	5
		Inadequada	0	
	7. Recobrimento dos resíduos	Adequado	5	0
		Inadequado	0	

Fonte: Adaptado da CETESB (2017)

A figura 6 ilustra como se dá o funcionamento da frente de trabalho, em que a dimensão é inadequada, fato que dificulta o transporte e deposição dos resíduos. O material é bem compactado, segundo informações, é disposto sob o solo e recebendo a compactação pelo veículo compactador, pois para o serviço este veículo se mostra eficiente, apesar de não existir mais maquinários para complementar o trabalho. Porém o seu recobrimento é deficiente, ficando expostas manchas do lixo no solo, isso acarreta na atração de animais e aves, além da facilidade em se desprender das trincheiras e poluir o meio ambiente.

Figura 6 – Funcionamento da frente de trabalho do aterro sanitário de Horizonte/CE



Fonte: Autoria própria (2019)

Os taludes e bermas se encontram em dimensões e inclinações adequadas, permitindo o acesso sem dificuldades, possui cobertura de terra satisfatória e são raros os casos em que ocorre afloramento de chorume, como visto no Quadro 10, no entanto, não há proteção vegetal apropriada, sendo este ponto uma grande deficiência, já que nos taludes não existe essa barreira natural contra situações adversas, como vento, animais, afloramento de chorume, incidências pluviométricas, etc.

Quadro 10 – Avaliação dos taludes e bermas do aterro sanitário de Horizonte/CE

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
TALUDES E BERMAS	8. Dimensões e inclinações	Adequadas	4	4
		Inadequadas	0	
	9. Cobertura de terra	Adequada	4	4
		Inadequada	0	
	10. Proteção vegetal	Adequada	3	0
		Inadequada	0	
	11. Afloramento de chorume	Não/raros	4	4
		Sim/numerosos	0	

Fonte: Adaptado da CETESB (2017)

A superfície superior também é satisfatória, pois há homogeneidade da cobertura e nivelamento da superfície adequado, como mostra o Quadro 11, então nestes aspectos, as condições regulares são atendidas. O terreno por ser plano influencia positivamente.

Quadro 11 – Avaliação da superfície superior do aterro sanitário de Horizonte/CE

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
SUPERFÍCIE SUPERIOR	12. Nivelamento da superfície	Adequado	5	5
		Inadequado	0	
	13. Homogeneidade da cobertura	Sim	5	5
		Não	0	

Fonte: Adaptado da CETESB (2017)

Sobre a estrutura de proteção ambiental, como traz o Quadro 12, vários subitens são analisados, finalizando assim os resultados para o SUB 1. No aterro sanitário estudado este valor do SUB 1 foi de 33, constituindo o máximo como 86 pontos. Não há impermeabilização do solo, somente no primeiro talude é que foi realizado, sendo que a profundidade do lençol freático e permeabilidade do solo são desconhecidas, isso implica, segundo Benda (2008) que em relação às águas subterrâneas da área de estudo o não conhecimento destas características configuram uma condição de significativa suscetibilidade à contaminação, pois pode haver uma pequena profundidade do lençol freático.

Não há drenagem e nem o tratamento do chorume, também não existe drenagem de águas pluviais, seja provisória ou permanente, por isso em períodos de chuva o solo se encontra encharcado e acarreta em uma maior geração de chorume pela infiltração de água no solo. Há drenagem de gases, cujos drenos foram inseridos em cada célula, permitindo a saída dos gases formados no interior, liberando assim para o meio ambiente. Foi informado que o monitoramento de águas e o geotécnico são insuficientes, já que foi executado apenas uma vez ao longo do funcionamento deste empreendimento.

Quadro 12 – Estrutura de proteção ambiental do aterro sanitário de Horizonte/CE

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	14. Impermeabilização do solo	Sim/adequada (Não preencher item 15)	10	0
		Não/inadequada (Preencher item 15)	0	
	15. Prof. Lençol freático (P) x Permeabilidade do solo (k)	$P > 3\text{m}, k < 10^{-6} \text{ cm/s}$	4	0
		$1 \leq P \leq 3\text{m}, k < 10^{-6} \text{ cm/s}$	2	
		Condição inadequada	0	
	16. Drenagem de chorume	Sim/suficiente	4	0
		Não/insuficiente	0	
	17. Tratamento de chorume	Sim/adequado	4	0
		Não/inadequado	0	
	18. Drenagem provisória de águas pluviais	Suficiente/desneces.	3	0
		Não/insuficiente	0	
	19. Drenagem definitiva de águas pluviais	Suficiente/desneces.	4	0
		Não/insuficiente	0	
	20. Drenagem de gases	Suficiente/desneces.	4	4
		Não/insuficiente	0	
	21. Monitoramento de águas subterrâneas	Adequado	4	1
		Inadequado/insufic.	1	
		Inexistente	0	
	22. Monitoramento geotécnico	Adequado/desneces	4	1
		Inadequado/insufic.	1	
		Inexistente	0	
SUBTOTAL 1			86	33

Fonte: Adaptado da CETESB (2017)

Sobre a presença de catadores é observado diariamente no local o trabalho realizado por esses agentes, nas proximidades das células, indicando um ponto negativo, já que não há inserção do grupo em atividades já planejadas para a separação de materiais recicláveis. Quanto à queima de resíduos, destaca-se positivamente, já que não existe este tipo de poluição no local. Porém, observa-se ainda a presença de aves e animais, que são atraídos ao local para busca de alimentos, como cachorros, urubus, etc. Outra questão é que o aterro não recebe resíduos não autorizados, a princípio, como foi informado, contabilizando como um ponto positivo para o seu índice de qualidade, como pode ser visto no Quadro 13. Esses subitens, então, fornecem os pontos para o SUB2, que é igual a 4.

Quadro 13 – Outras informações do aterro sanitário de Horizonte/CE

ITEM	SUBITEM	AValiação	PESO	PONTOS
OUTRAS INFORMAÇÕES	23. Presença de catadores	Não	2	0
		Sim	0	
	24. Queima de resíduos	Não	2	2
		Sim	0	
	25. Ocorrência de moscas e odores	Não	2	0
		Sim	0	
	26. Presença de aves e animais	Não	2	0
		Sim	0	
	27. Recebimento de resíduos não autorizados	Não	2	2
		Sim	0	
	28. Recebimento de resíduos industriais	Sim (ir p/ item 29)		-
		Não (ir p/ item 30)		
	29. Estruturas e procedimentos	Suficiente	10	-
		Insuficiente	0	
	SUBTOTAL 2.1		10	4
	SUBTOTAL 2.2		20	

Fonte: Adaptado da CETESB (2017)

O último subitem analisado é o SUB3, que contabilizou um total de 0 pontos, isso se deve as análises das características da área, em que é observado de acordo com as respostas que há núcleos habitacionais a menos de 500m de distância, em que se encontram casas bem próximas ao empreendimento, além de um loteamento vizinho, em que futuramente mais residências também se localizarão ao lado deste dispositivo. Também há proximidade a corpos d'água, com menos de 200m de distância, podendo impactar com a poluição hídrica, já que existe um pequeno lago nos confins e, assim, ambos os casos são contabilizados como pontos nulos. Isso pode ser visto no Quadro 14.

Quadro 14 – Características da área do aterro sanitário de Horizonte/CE

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTICAS DA ÁREA	30. Proximidades de núcleos habitacionais	>= 500m	2	0
		< 500m	0	
	31. Proximidades de corpos d'água	>= 200m	2	0
		< 200m	0	
	32. Vida útil da área	<= 2 anos	-	-
		2 < x <= 5 anos	-	
		> 5 anos	-	
	33. Restrições legais ao uso do solo	Sim	-	-
		Não	-	
	SUBTOTAL 3		4	0

Fonte: Adaptado da CETESB (2017)

Através dos três subitens foi possível calcular o IQR do aterro sanitário de Horizonte/CE, partindo da metodologia empregada pela CETESB. Como se trata de um dispositivo que não recebe resíduos industriais, o cálculo empregado foi a Equação 1:

$$\text{IQR} = (33 + 4 + 0) / 10$$

$$\text{IQR} = 37/10$$

$$\text{IQR} = 3,7$$

O índice de qualidade para o aterro sanitário analisado é igual a 3,7, classificando-se em condições inadequadas de operação, já que está abaixo de 7,0. Com isso, percebe-se que existem inúmeros aspectos no local que precisam ser adequados para que venha a ter seu funcionamento satisfatório, atendendo aos requisitos de operação, infraestrutura e características locais.

Como abordam Silva *et al.* (2011), em estudos no aterro de resíduos de Peabirú/PR, que teve IQR semelhante, igualando-se a 3,46, os casos se equiparam, pois, os aspectos gerais da área são ruins, as valas que recebem o lixo não têm a devida cobertura dos resíduos, cujo material aparece descoberto, e as condições de modo geral não cumprem os requisitos da norma técnica da ABNT NBR 8.419/1992, que estabelece critérios para projeto, implantação, e operação de aterros de resíduos não perigosos. Esse índice, portanto, é de grande relevância para buscar análises sobre a realidade local e auxiliar nas possíveis intervenções que necessitem ser feitas.

5.5 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Inicialmente, para facilitar o desenvolvimento da proposta de análise de impactos, foi desenvolvido o Quadro 15, contendo os principais processos envolvidos da atividade do aterro sanitário. Nesta análise, de modo geral, constituem-se como processos básicos a coleta e transporte dos resíduos e a sua disposição final e aterramento dos rejeitos, as suas entradas (insumos) e saídas (produtos, resíduos, emissões). E a partir da análise dos aspectos envolvidos construiu-se o Quadro 16 com o levantamento de impactos ambientais no processo.

Quadro 15 – Processos envolvidos no aterro sanitário

ENTRADA (INSUMOS)	PROCESSOS	SAÍDA (PRODUTOS, RESÍDUOS, EMISSIONES)
- Resíduos sólidos - Veículos - Combustível	Coleta e Transporte dos resíduos	- Resíduos sólidos - Material particulado - Fumaça - Gases
- Rejeitos - Equipamentos e maquinários	Disposição final e Aterramento dos rejeitos	- Lixiviado - Biogás - Outras emissões atmosféricas

Fonte: Autoria própria (2019)

Quadro 16 – Levantamento dos aspectos e impactos ambientais envolvidos no processo

PROCESSOS	MEIO	ASPECTOS AMBIENTAIS	IMPACTOS AMBIENTAIS	AVALIAÇÃO					SIGNIFICÂNCIA (SIM/NÃO)
				Situação operacional	Frequência	Severidade	Impacto Ambiental	Grau de risco	
Coleta e transporte dos resíduos	Biótico	Consumo de óleo diesel	Redução da disponibilidade de recursos naturais não renováveis e poluição atmosférica	N	5	2	10	MO	N
		Consumo de pneus, peças, etc.	Redução da disponibilidade de recursos naturais	N	3	2	6	TO	N
		Emissão atmosférica	Afugentamento de espécies animais	N	5	2	10	MO	S
		Mau acondicionamento dos resíduos	Proliferação de vetores e contaminação ao meio	E	3	3	9	TO	S
	Abiótico	Geração de resíduos inerentes do processo (bateria, pneu, óleo queimado, etc.)	Alteração da qualidade da água e do solo e ocupação do solo	E	4	1	4	ME	N
		Vazamento de óleo	Contaminação do solo	E	2	5	10	MO	S
		Incêndio/Explosão	Alteração da qualidade da água, solo e ar	E	1	5	5	TO	N
		Emissão atmosférica	Alteração da qualidade do ar, efeito estufa, acidificação, depleção da camada de ozônio, formação de <i>smog</i> fotoquímico	N	5	3	15	SE	S

	Antrópico	Emissão de material particulado	Alteração da qualidade do ar	N	4	3	12	MO	S
		Geração de ruído ambiental (uso de motores, buzinas, etc.)	Incômodo às partes interessadas	N	5	2	10	MO	S
		Manipulação de materiais infectados e produtos contaminados	Risco à saúde	E	3	4	12	MO	S
		Geração de odor	Incômodo à comunidade	N	4	2	8	TO	S
Disposição final e aterramento dos rejeitos	Biótico	Atividades do processo produtivo	Interferência na fauna local	N	5	3	15	SE	S
		Atividades do processo produtivo	Interferência na flora local	N	5	3	15	SE	S
		Atividades do processo produtivo	Alteração da estabilidade do ecossistema e esgotamento dos recursos naturais	N	5	3	15	SE	S
		Desmatamento de áreas verdes	Danos à fauna e flora	N	3	3	9	TO	S
		Má compactação dos resíduos	Proliferação de vetores (ratos, baratas e insetos)	E	4	2	8	TO	S
	Abiótico	Emissões atmosféricas	Alteração da qualidade do ar, emissão de gases de efeito estufa, acidificação, depleção da camada de ozônio	N	4	3	12	MO	S
		Emissão de material particulado	Alteração da qualidade do ar	N	4	3	12	MO	S
		Geração de lixiviado	Contaminação da água e do solo	N	5	4	20	IN	S

		Vazamento de lixiviado	Contaminação da água e do solo	E	3	5	15	SE	S
	Antrópico	Geração de resíduos inerentes do processo	Ocupação de aterros (uso e ocupação do solo)	N	5	3	15	SE	S
		Geração de odor	Incômodo à vizinhança e trabalhadores	N	5	3	15	SE	S
		Atividades do processo produtivo	Alteração visual da paisagem	N	5	1	5	TO	N
		Riscos inerentes das atividades no aterro	Alterações na qualidade da saúde dos trabalhadores/catadores	E	4	3	12	MO	S
		Tráfego de máquinas pesadas e ruídos	Incômodo à comunidade e trabalhadores	N	4	1	4	ME	N
		Atividades do processo produtivo	Alteração das condições de segurança	N	4	1	4	ME	S
		Atividades do processo produtivo	Pressão na infraestrutura dos serviços públicos	N	4	1	4	ME	N
			TOTAL				291		

LEGENDA

Situação Operacional: Normal (N); Emergencial (E);

Grau de Risco: Isento (IS); Menor (ME); Tolerável (TO); Moderado (MO); Sério (SE); Intolerável (IN).

Prob/Freq.: Extrem. Remota (1); Remota (2); Possível (3); Frequente (4); M. Frequente (5)

Significância: Sim (S); Não (N).

Severidade: Isenta (0); Leve (1); Moderada (2); Séria (3); Grave (4); Catastrófica (5).

Foram considerados “significativos” todos os aspectos e impactos classificados como SE e IN.

Fonte: Adaptado de Gomes *et al.* (2015)

Investigando as informações obtidas pelo levantamento dos aspectos e impactos ambientais envolvidos nos processos de coleta e transporte, além da disposição final e aterramento dos rejeitos, observa-se como cenários significativos todos estes aspectos e impactos classificados como “sério” e “intolerável” e com significância igual a “sim”, sendo os mais expressivos e que demandam com prontidão ações mitigadoras e/ou corretivas.

Como Gomes *et al.* (2015) propuseram em seus estudos sobre aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, a avaliação dos aspectos e impactos ambientais pode ser mensurada pela somatória dos pontos resultantes dos impactos potenciais a serem gerados no meio ambiente. Para o primeiro cenário abordado pelos autores, que é semelhante ao presente estudo, foi obtido um valor de 269 pontos e o segundo cenário, que possuía também a compostagem, foi de 454, já o aterro sanitário de Horizonte/CE correspondeu 291 pontos. É visto que o máximo de pontos indica as piores situações, justamente pela grande ocorrência dos aspectos ambientais e dos impactos ambientais com riscos intoleráveis.

Quanto aos impactos significativos ocasionados pelo processo de coleta e transporte, nota-se no meio biótico o afugentamento de espécies, pois como Borges (2016) aponta a movimentação de veículos e equipamentos causa estresse e afugentamento de espécies. Já o inadequado acondicionamento atrai animais e implica na proliferação de vetores.

No meio abiótico, esse processo causa alteração da qualidade do ar, pelas emissões atmosféricas e particulares dos veículos, e alteração da qualidade do solo, gerado pelo vazamento de óleos e substâncias tóxicas advindas do tráfego dos veículos que por vezes não possuem a necessária manutenção, tal como contaminação do solo em contato com resíduos degradáveis.

Já no meio antrópico, os impactos negativos de maior significância causados pelo processo de coleta e transporte são os incômodos à população que tem a sua qualidade de vida modificada, devido à geração de odores dos resíduos que estão se degradando e geração de ruídos pelo trabalho dos maquinários pesados e veículos que transitam na cidade. Outra parte também afetada corresponde ao grupo dos trabalhadores que sofrem riscos de contaminação pela manipulação de materiais infectados e perfuro cortantes.

No processo de disposição final e aterramento dos resíduos, que é o foco principal dos impactos ambientais gerados, são encontrados no meio biótico: interferências e danos à fauna e flora, como a competição de espaço entre espécies nativas e aves oportunistas (Borges, 2016) e desmatamento de espécies nativas com o intuito de realizar a instalação/operação das atividades; esgotamento de recursos naturais, pela utilização dos insumos nas atividades do

empreendimento; e proliferação de vetores, posto que animais como ratos, urubus, moscas e cachorros, são atraídos pela matéria orgânica disponível.

Os impactos ao meio abiótico somam alteração na qualidade do ar, pelas emissões atmosféricas dos veículos e equipamentos, além do biogás gerado como subproduto da matéria orgânica em decomposição e emissões particuladas, advindos, por exemplo, da poeira e material desprendido durante o processo de compactação. Porciúncula (2014) também aborda que na fase de operação do aterro, a circulação de caminhões realizando o acesso e descarga causam impacto ambiental negativo, por favorecer o aumento da poluição e material particulado.

A geração e vazamento do lixiviado são outros pontos significativos, que causam a contaminação do solo e das águas (subterrâneas e superficiais, visto que existe um corpo hídrico nas proximidades), por isso se exige uma urgente tomada de decisão, para que este cenário não venha transformar o aterro em um panorama irreversível e irrecuperável.

E no meio antrópico, os impactos mais significativos são o próprio uso e ocupação do solo, que se torna ainda mais veloz com a disposição de resíduos que deveriam ser reciclados, mas vão diretamente para o aterro diminuindo sua vida útil; incômodo às partes envolvidas, que sofrem com a má qualidade ambiental pela geração de odores e ruídos, tornando um ambiente insalubre, isso engloba todos os trabalhadores (funcionários da limpeza urbana e catadores) que são diretamente afetados e a vizinhança que é indiretamente influenciada; alterações das condições de segurança dos envolvidos, inerentes às atividades do processo produtivo; e riscos à saúde dos trabalhadores e catadores que se sustentam desse ramo.

5.6 MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A partir da análise realizada sobre os aspectos e impactos ambientais pelo levantamento de dados, foram propostas medidas de mitigação para os impactos negativos mais significativos. Essas ações foram divididas por cada meio afetado, sendo eles: meio biótico (fauna e flora), meio abiótico (água, ar e solo) e meio antrópico (catadores, população e Poder Público), exposto no Quadro 17:

Quadro 17 – Propostas de ações mitigadoras/controle

MEIO BIÓTICO	MEIO ABIÓTICO	MEIO ANTRÓPICO
Fauna: - Transferência dos animais que se alocam no aterro sanitário, como os cachorros, equinos, etc. para um local que garantam sua proteção; - Realização de planos para afugentamento e resgate de fauna para operação do aterro; - Medidas de controle da proliferação de vetores, como controle químico, biológico e/ou mecânico; - Medidas para afastamento de aves oportunistas, como pastoreio, buzinas, etc.; - Medidas para evitar o atropelamento de animais, com sinalizadores e monitoramento das vias;	Água: - Implantação do sistema de drenagem de água pluvial e superficial para evitar o acúmulo e percolado; - Realizar o monitoramento de poços para avaliar a qualidade da água subterrânea; - Investigar alterações na qualidade dos corpos hídricos próximos; - Tratar o chorume e descartar a água tratada em corpo hídrico para assimilação. - Propor o reuso adequado do chorume tratado.	Catadores: - Inserção em associações para melhor organização e legalização do trabalho; - Sensibilização para os catadores sobre a importância de identificar os materiais perigosos e riscos à saúde; - Conscientização da utilização de EPI's. - Revitalização da Central de Triagem de Resíduos; - Capacitação para segregação e manejo dos resíduos recicláveis.
	Ar: - Controle e monitoramento das emissões atmosféricas e partículas; - Realização do umedecimento das vias para conter a poeira; - Buscar manter a barreira vegetal a fim de ocultar os odores e poluição atmosférica para vizinhança.	População: - Sensibilização para gerar menos rejeitos; - Educação ambiental para a população realizar a segregação adequada nos domicílios.
	Solo: - Impermeabilizar o solo com escoamento e tratamento do chorume gerado; - Realizar recobrimento do solo constantemente nas vias, devido à compactação dos veículos; - Realizar o recobrimento dos resíduos de forma adequada em cumprimento das normas técnicas; - Controle de vazamentos e explosões; - Monitoramento geotécnico.	Poder Público/Gestão - Elaboração de um novo Plano Integrado de Resíduos Sólidos; - Implementar a coleta seletiva; - Criação de políticas públicas ambientais e sociais; - Fornecer subsídio para criação de uma associação de catadores; - Adequação a correta gestão e gerenciamento dos resíduos.

Fonte: Autoria própria (2019)

Nogueira *et al.* (2018) em estudo realizado no município de Marituba/PA corroboram afirmando que existem diversos problemas socioambientais ocasionados pela falta de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, mostrando que o local do aterro analisado apresenta fragilidade e gera danos, tanto pela inadequação do aterro quanto pelos impactos ligados à qualidade de vida da população do entorno. A situação do aterro sanitário de Horizonte/CE se assemelha, por exibir os mesmos problemas e trazer impactos ambientais pela inadequação das atividades.

Costa *et al.* (2017) complementam que se faz necessário um melhor gerenciamento dos resíduos sólidos além do cumprimento correto dos critérios do licenciamento ambiental dos aterros sanitários. Então, estando o aterro adequado em relação ao licenciamento, realizando e efetivando um plano de gerenciamento, com o atendimento dos critérios necessários, haverá assim a sua regularização e continuidade de modo adequado, tornando-se um ponto positivo para o meio ambiente e toda a comunidade.

Candiani e Cortez (2013) também abordam sobre o tema, investigando que os procedimentos do licenciamento ambiental de um empreendimento devem ter um maior acompanhamento pelos órgãos licenciadores e pelas comunidades, através do monitoramento da execução das ações previstas e o desenvolvimento efetivo das medidas mitigadoras dos impactos.

No meio biótico, como trazem Gontijo *et al.* (2013), deve ser realizado como medida o reflorestamento em área paralela para compensar a cobertura vegetal retirada durante as fases de instalação e operação do aterro. Tal medida unida a outras voltadas para a fauna e flora vêm a minimizar os impactos causados a biota.

Já no meio abiótico, Gontijo *et al.* (2013) tratam sobre a revisão nos caminhões, para que diminua a liberação do material gasoso, a fim de não emitir mais gases que o normal, fazer o tratamento do lixo antes do lançamento, por meio da sua reutilização.

Souza (2007) aborda o problema do acúmulo de resíduos sólidos em aterros sanitários, que para mitigar os impactos causados ao solo, é imprescindível atenção especial à questão da revegetação desses taludes, para se evitar deslizamento de terra. Além disso, evita-se também poluição e contaminação a este compartimento, bem como das águas.

Para a mitigação dos impactos antrópicos, ou seja, dos que interferem na qualidade de vida da população, nos catadores e na Prefeitura/próprio corpo técnico do aterro, têm-se a divulgação de ações, almejando desenvolver a educação ambiental na comunidade; a criação de associação ou cooperativa para incentivar o trabalho dos catadores de materiais recicláveis e dar aparato legal; e elaboração de um novo plano de gerenciamento integrado, Souza e

Guadagnin (2009) corroboram afirmando que a caracterização dos resíduos sólidos, pela composição gravimétrica, que identifica a sua quantidade e qualidade, é a primeira etapa para o gerenciamento. Além disso, essa ação deve partir dos princípios da não geração, reutilização, tratamento, redução, reciclagem e disposição final dos resíduos sólidos, assim os impactos ao meio poderão diminuir com gestão e gerenciamento adequados, bem como redução de gastos e da pressão sob os serviços públicos.

Hammes *et al.* (2016) abordam outro problema que merece atenção. Trata-se do desperdício de materiais recicláveis que ocorre por falta de equipamentos necessários na separação, enfardamento e comercialização. Os autores afirmam que o acondicionamento incorreto dos materiais pela população provoca a mistura dos resíduos, inviabilizando o reaproveitamento e aumentando a quantidade de rejeitos a ser destinada para o aterro. Isso se deve, muitas vezes, pela ausência de informações, que favorece um cenário de inadimplência e despreocupação da população. Logo, a realização de ações em prol do meio ambiente, com divulgação da importância do manejo adequado de resíduos sólidos, sobre a reciclagem e reaproveitamento, é essencial para a mudança de atitude da sociedade, vindo assim impactá-la positivamente.

Portanto, Hammes *et al.* (2016) em seus estudos realizados em associações de catadores na cidade de Caxias do Sul trouxeram que estes grupos apresentam como principais contribuições para mitigação dos impactos ambientais o aumento da vida útil dos aterros, a diminuição da poluição oriunda da disposição incorreta desses resíduos, a redução do gasto energético, a diminuição da extração de matéria-prima virgem, posto que o material reciclado é utilizado como matéria-prima secundária na cadeia produtiva e a redução da poluição visual evitando a propagação de depósitos de resíduos clandestinos na cidade. Assim, a implantação de associação é demasiadamente importante como medida mitigadora para o âmbito social, pois contribui positivamente para a qualidade de vida dos catadores e do meio ambiente.

Além disso, como um fator social a ser melhorado, pela coleta seletiva porta a porta ou pelos Postos de Entrega Voluntária (PEV's) se encarregam junto com os catadores, segundo Silva (2015) de aumentar a vida útil do aterro sanitário e contribuir para a eficiência da gestão, além disso, entra o setor econômico, que favorece a movimentação da economia local. Quando a gestão se encarrega de controlar esse sistema, os impactos antrópicos negativos podem ser revertidos.

De acordo com Besen *et al.* (2017), o Nordeste se mostra bem aquém no processo de coleta seletiva, comparado com as regiões sul e sudeste pela dificuldade de logística para a destinação dos recicláveis para as recicladoras. Então, buscar meios que possibilitem a

implementação da coleta seletiva, apesar das dificuldades, é o início para a mudança no cenário, além de favorecer diretamente no aumento da vida útil do aterro sanitário.

Sousa *et al.* (2016) observou que no Brasil, principalmente no Nordeste, a evolução quanto à implementação e efetivação da PNRS caminha ainda a passos muito lentos, percebendo que a implementação da política não apresentou os resultados esperados, isso porque ainda existem poucos aterros na região regulares, além de haver a destinação para lixões e aterros não regulares.

Por fim, a adequação à Lei Nº 16.032 de 20 de junho de 2016, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos no âmbito do Estado do Ceará, deve ser atendida no aterro sanitário de Horizonte/CE, em que dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Sendo que como traz o Art. 3º, a disposição final ambientalmente adequada é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, com a observância de normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. Também deve se atentar se houve cumprimento às normas ABNT NBR 13896/1997, ABNT NBR 8419/1992 em relação ao aterro e às Resoluções CONAMA 430/11, 404/08 e 237/97 buscando averiguar o cumprimento dos critérios e a sua adequação às licenças ambientais, caso seja necessário.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do desenvolvimento do presente estudo foi possível realizar o diagnóstico das condições atuais de operação do aterro sanitário de Horizonte/CE, identificar os principais impactos ao meio ambiente oriundos de tal atividade, propor mecanismos de mitigação e recuperação, bem como avaliar técnicas que podem ser empregadas para a regularização do local. Trata-se de um tema demasiadamente relevante para a área, propiciando a apresentação de medidas que visem à preservação e conservação ambiental.

Então, aterro sanitário de Horizonte/CE atende toda área urbana e recebe os resíduos domiciliares, comerciais, de limpeza urbana, de serviço de saúde e demolição. A análise da composição desses materiais e do processo de atividades que são realizadas atualmente mostrou que o dispositivo possui um índice de qualidade de aterro (IQR) bem abaixo do que se é esperado, indicando-o que está em condições inadequadas de operação.

Ao se avaliar os aspectos e impactos ambientais torna-se possível investigar os maiores riscos ao meio ambiente, tal qual a significância de cada modificação, em consequência para mitigar e/ou controlar esses impactos, as medidas propostas poderão atuar positivamente para a comunidade, trabalhadores e o próprio setor do ramo, posto que as tomadas de ações são necessárias para minimizar os prejuízos ao meio.

Assim, percebe-se a importância do estudo para auxiliar na identificação dos impactos ambientais dos empreendimentos de aterros sanitários, que apesar de serem considerados segundo a PNRS, pela Lei N° 12.305/2010, como modelo de dispositivo final mais adequado ainda geram inúmeros impactos aos meios biótico, abiótico e antrópico, além disso, caso não haja a gestão adequada, este local pode vir a se transformar em um verdadeiro vazadouro a céu aberto, ou seja, em um lixão em proporções ainda maiores e com um gigantesco potencial de poluição. Portanto, mitigar os impactos e controlá-los é o caminho ideal para buscar reverter os danos já causados à natureza, bem como por ser imprescindível para evitar cenários ainda piores.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil 2017**. 2017. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017/>>. Acesso em: maio de 19.
- ABREU, L. D. P.; MAGALHÃES, A. H. R.; GUIMARÃES, R. X.; MENDONÇA, G. M. M.; ABREU, F. E. P.; SOUZA, L. A. Avaliação dos riscos ocupacionais dos trabalhadores do aterro sanitário do município de Sobral/CE. **Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 8, n. 3, p.204-223, nov. 2016.
- ALBUQUERQUE, E. L. S. **Análise geoambiental como subsídio ao ordenamento territorial do município de Horizonte – Ceará**. 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2012.
- AMORIM, A. P.; ALBUQUERQUE, B. M.; GAUTÉRIO, D. T.; JARDIM, D. B.; MORRONE, E. C.; SOUZA, R. M. Lixão municipal: abordagem de uma problemática ambiental na cidade do Rio Grande – RS. **Ambiente & Educação**, Rio Grande/RS, v. 15, n. 1, p.159-177, jan. 2010.
- ANVISA. Constituição (2018). **RDC nº 222, de 28 de março de 2018**. Resolução RDC Nº. 222, de 28 de março de 2018. Brasil.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004: 2004 - Resíduos sólidos – Classificação**. Disponível em: <<http://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>>. Acesso em: abril de 19.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação**. 7 ed. Rio de Janeiro, 1997. 12 p
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8419: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. 1992. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao12032009023918.pdf>
- BARBOSA, P. M.; DE-CAMPOS, A. B. Análise sócio-ambiental do aterro sanitário de aparecida de Goiânia, GO: dez anos após sua implantação. **Boletim de Geografia, Maringá**, v. 33, n. 2, p.127-141, ago. 2015.
- BENDA, F. **Favorabilidade de áreas para implantação de aterros controlados no município de campos dos Goytacazes/RJ utilizando sistemas de informação geográfica**. 2008. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2008.
- BERTICELLI, R.; PANDOLFO, A.; KORF, E. P. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: perspectivas e desafios. **Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 5, p.711-744, 2017.

BESSEN, G. R.; FREITAS, L.; JACOBI, P. R. **Política nacional de resíduos sólidos: implementação e monitoramento de resíduos urbanos** / Organizadores: Gina Rizpah Besen; Luciana Freitas; Pedro Roberto Jacobi. -- São Paulo: IEE USP: OPNRS, 2017.

BORGES, K. **O estudo do monitoramento dos impactos pós-implantação do aterro sanitário de Uberlândia /MG**. 2016. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

BOUSCHEIDT, D. M.; BORGES, C. L. P.; RODRIGUES, A.; STOFFEL, J. Sustentabilidade e resíduos sólidos: diagnóstico e saberes populares auxiliando no destino correto dos resíduos. **Brazilian Journal Of Development**, Curitiba, v. 4, n. 6, p.2730-2794, 09 jul. 2018. Disponível em: <<http://brjd.com.br/index.php/BRJD/article/view/288/244>>. Acesso em maio de 19.

BRASIL (Estado). Constituição (2016). Lei nº 16.032, de 20 de junho de 2016. **Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos no âmbito do Estado do Ceará**. 1. ed. FORTALEZA, CE, 20 jun. 2016. Disponível em: <<https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=325201>>.

BRASIL. Constituição (1986). Decreto nº 88.351, de 23 de janeiro de 1986. **Resolução Conama Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: maio de 19.

BRASIL. Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Política Federal de Saneamento Básico**. Brasília, DF, janeiro de 2007. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/485-plano-nacional-de-saneamento-b%C3%A1sico.html>>. Acesso em: maio de 19.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: maio de 19.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017**. – Brasília: MDR.SNS, 2019. <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2017>>. Acesso em: maio de 19.

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: Governo Federal, ago. 2012. Disponível em: <http://www.sinir.gov.br/images/sinir/Arquivos_diversos_do_portal/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf>. Acesso em: maio de 2019.

CANDIANI, G.; CORTEZ, A. T. C. Análise da implantação das medidas mitigadoras estabelecidas no estudo de impacto ambiental da central de tratamento de resíduos – Caieiras – São Paulo. **Boletim de Geografia**, [s.l.], v. 31, n. 2, p.115-130, 30 abr. 2013. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v31i2.13419>.

CARMO, M. S. **A Problematização do Lixo e a Produção do Reciclável – Uma Análise da Gestão de Resíduo Pós-Consumo e Seus Efeitos em Consumidores/Geradores e Catadores**. 2009. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/APS1391.pdf>>. Acesso em: maio de 19.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2016**. São Paulo, 2017. Disponível em:

<<https://cetesb.sp.gov.br/solo/wp-content/uploads/sites/18/2013/12/inventario-residuos-solidos-2016.pdf>>. Acesso em: maio de 19.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRES. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado** / Coordenação geral André Vilhena. – 4. ed. – São Paulo (SP): CEMPRES, 2018. 316 p.

CORRÊA, R. S. S; VASCONCELOS JÚNIOR, M. R. **Impactos socioambientais causados pelo aterro sanitário no município de Marituba-PA**. Florianópolis, 2017. p. 1-10.

COSTA, A. P; SOARES NETO, J. L. **Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Palmas - TO**. Católica - Tocantins, p.1-11, abr. 2009.

COSTA, R. A.; SILVA, D. T. A.; LEONCIO, E. V. S.; CARNEIRO, R. S. **Diagnóstico dos municípios de Mato Grosso quanto a existência de aterros sanitários**, IX SBEA + XV ENEEAmb + III FLES, Blucher Engineering Proceedings, Volume 4, 2017, Pages 1609-1619, ISSN 2357-7592, <http://dx.doi.org/10.1016/xveneeamb-162>.

CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; CAMARGO, M. P; KLAJN, F. F.; FEIDEN, A. Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. **Revista Monografias Ambientais**, [s.l.], v. 13, n. 5, p.3821-3830, 16 nov. 2014. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2236130814689>.

ELK, A. G. H. P. V.; SEGALA, K. **Redução de emissões na disposição final. Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos**. V 3. 40 p. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

FELICORI, T. C.; MARQUES, E. A. G. M.; SILVA, T. Q.; PORTO, B. B.; BRAVIN, T. C.; SANTOS, K. M. C. Identificação de áreas adequadas para a construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Belo Horizonte (mg), Brasil, v. 21, n. 3, p.547-560, jan. 2016.

GODECKE, M. V.; NAIME, R. H; FIGEIREDO, J. A. S. O Consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no brasil. **Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 2012, n. 8, p.1700-1712.

GOMES, L. P.; KOHL, C. A.; SOUZA, C. L. L. **Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem**. 2015. 14 f. Tese (Doutorado), São Leopoldo, 2015.

GONTIJO, R. N.; SANTOS, W. J. C.; TEIXEIRA, P. R.; ALCÂNTARA, J.; TAVARES, I. B. **Avaliação de impacto ambiental (AIA) do aterro sanitário do município de conceição do Araguaia-PA através do método da matriz de Leopold**. 2013. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Salvador/BA - 25 a 28/11/2013. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/V-023.pdf>>. Acesso em: agosto 19.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Secretaria do Meio Ambiente do Ceará. Sobre Resíduos Sólidos. 2019. Disponível em: <<https://www.sema.ce.gov.br/sobre-residuos-solidos/>>. Acesso em agosto de 19.

GUEDES, M. J. F.; RIBEIRO, M. M. R. Aplicação de metodologias de análise de conflito ambiental ao aterro sanitário de Puxinanã (PB). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v.

22, n. 1, p.81-93, 21 nov. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016147878>.

HAMMES, M.; STEDILE, N. L. R.; ROSA, L. R. **Aspectos e Impactos Ambientais observados em Associações de Catadores de materiais potencialmente recicláveis da cidade de Caxias do Sul/RS/Brasil**. 5º Congresso Internacional de Tecnologias Para O Meio Ambiente, Bento Gonçalves – RS, Brasil, p.1-8, abr. 2016.

HEGEL, C. G. Z.; CORNÉLIO, P. F. O. Resíduos sólidos urbanos: depósitos irregulares no município de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p.5-19, set. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL – IBAM. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos** / José Henrique Penido Monteiro... [et al.]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Classificação das cidades**. 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1946_v8_n3.pdf>. Acesso em: maio de 19.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Horizonte – CE**. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/horizonte/panorama>>. Acesso em: maio de 19.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 2018. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/lixo_coletado110.shtm>. Acesso em: maio de 19.

LAVNITCKI, L.; BAUM, C. A.; TONIAZZO, F.; ROSS, C. O. Diagnóstico da situação da central de triagem e compostagem com aterro sanitário durante a operação e após a desativação no município de Planalto-RS. **Geografia Acadêmica**, Lages, v. 10, n. 2, p.5-17, dez. 2016. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/rga/article/view/3858>>. Acesso em: maio de 19.

LEME, S. M.; JÓIA, P. R. Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos domiciliares em Aquidauana-MS. **Geografia**, Londrina, v. 15, n. 1, p.35-49, jun. 2006.

LIMA, M. R. P. **Paradoxos da formalização: a inclusão social dos catadores de recicláveis a partir do caso do encerramento do aterro de Jardim Gramacho (RJ)**. Horizontes Antropológicos [Online], 50 / 2018.

MARINHO, R. C.; OLIVEIRA, R. M. S. Avaliação da qualidade do aterro sanitário de palmas – TO, utilizando a ferramenta Índice da Qualidade de Aterros de Resíduos – IQA. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Palmas, v. 1, n. 5, p.123-141, abr. 2013.

MARTINEZ, Carlos Barreira; DIAS, David Montero; LIBÂNIO, Marcelo. Modelo para estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares em centros urbanos a partir de variáveis socioeconômicas conjunturais. **Eng Sanit Ambient**, Belo Horizonte, v. 17, n. 3, p.325-332, jul. 2012.

MATOS, F. O. Impactos ambientais decorrentes do aterro sanitário da região metropolitana de Belém-PA: aplicação de ferramentas de melhoria ambiental. **Caminhos de Geografia**,

Uberlândia, v. 12, n. 39, p.297-305, 24 jun. 2011. Semestral. Disponível em: <file:///C:/Users/Alexandre/Downloads/16593-62046-1-PB.pdf>. Acesso em: maio de 19.

NOGUEIRA, L. R.; RITO, D. S.; SILVA, W. S. VIEIRA, A. B.; MARTINS, C. M. **Impactos socioambientais causados pelo aterro sanitário no município de Marituba - PA.** (2018). 10.31692/2526-7701.IIICOINTERPDVAGRO.2018.00521.

OLIVEIRA FILHO, G. R. Uma breve reflexão sobre o conceito de impacto ambiental. **Ces Revista**, Juiz de Fora, v. 27, n. 1, p.15-28, 2013. Disponível em: <[http://www.cesjf.br/revistas/cesrevista/edicoes/2013/Artigo 01.pdf](http://www.cesjf.br/revistas/cesrevista/edicoes/2013/Artigo%2001.pdf)>. Acesso em maio de 19.

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 maio de 19.

Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS. HORIZONTE – CE. Prefeitura Municipal de Horizonte.. Sanebras – Engenharia e Meio Ambiente. 2015.

POLI, V.; OLIVEIRA, J. C.; BECEGATO, V. A.; BECEGATO, V. R. Gestão de resíduos sólidos do aterro sanitário no município de Lages -SC. **Revista Geográfica Acadêmica**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.107-119, 1 jun. 2014. Universidade Federal de Roraima. <http://dx.doi.org/10.18227/1678-7226rga.v8i1.2987>.

PORCIÚNCULA, L. **Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais Associados a Aterros Sanitários.** 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

PORTELLA, M. O.; RIBEIRO, J. C. O. Aterros sanitários: aspectos gerais e destino final dos resíduos. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, Caxias do Sul, RS, p.115-134, 2014.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 237, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1997. **Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.** Brasília: Dou Nº. 247, 22 dez. 1997.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 404, DE 11 DE NOVEMBRO DE 2008. **Licenciamento Ambiental:** Por atividade. 404. ed. Brasília, DF, 12 nov. 2008. p. 874-876.

REZENDE, J. H.; CARBONI, M.; MURGEL, M. A. T. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). **Eng Sanit Ambient**, Jaú (SP), Brasil., p.1-8, 2013.

RIBEIRO, D. F. **Avaliação dos aspectos estruturais e operacionais em cinco aterros sanitários, localizados nos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo** / Daniela Freitas Ribeiro. – 2016.

RODRIGUES, C. R.; MENTI, M. M. Revisão das políticas públicas de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Município de Porto Alegre. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p.42-64, 2018.

RUIZ, J. A. **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos.** – 6. Ed. – 7. Reimpr. – São Paulo: Atlas, 2013.

SANTOS, A. R. **Metodologia científica: a construção do conhecimento** / Antônio Raimundo dos Santos. 8. Ed. Revisada conforme NBR 14724:2011. – Rio de Janeiro: Lamparina, 2015.

SANTOS, M. M.; MORAES, E.; RODRIGUES, C. V. L. Influência da reciclagem na vida útil de uma célula de um aterro sanitário: estudo de caso de Londrina - PR. In: FORUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 9., 2018, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: Instituto Venturi Para Estudos Acadêmicos, p. 1 – 10. 2018.

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. A.; FERNANDES JÚNIOR, J. L.; CASTRO, M. C. A. A. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos Departamento de Hidráulica e Saneamento, São Carlos, p.1-36, out. 2002.

SCHUELER, A. S.; KZURE, H.; RACCA, G. B. Como estão os resíduos urbanos nas favelas cariocas? **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p.213-230, jan. 2018. Trimestral. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.010.001.ao15>.

SILVA, J. S. Gestão de resíduos sólidos e sua importância para a sustentabilidade urbana no Brasil: uma análise regionalizada baseada em dados do SNIS. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília, v. 12, n. 1, p.61-70, dez. 2015. Semestral. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/boletim_regional/160118_bru_12.pdf>. Acesso em julho de 19.

SILVA, R. P. G.; AMORIM, M. F.; NOBRE, C. A.; COSTA, T. G. A.; ROCHA, I. L. **Aplicação do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR) em área de disposição de resíduos sólidos urbanos do município de Riacho Frio – PI**. 2016. Disponível em: <<http://cadernoscajuina.pro.br/revistas/index.php/cadcajuina/article/download/57/54>>. Acesso em maio de 19.

SOUSA, C. A. F.; CAMPOS, J. C. B; OLIVEIRA, B. M. Panorama do gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Brasil e no Nordeste após a implementação do PNRS. **Revista Científica Anap Brasil**, [s.l.], v. 9, n. 15, p.1-22, 31 dez. 2016. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. <http://dx.doi.org/10.17271/1984324091520161433>.

SOUZA, C. M. **Recuperação de áreas degradadas em Aterros Sanitários**. 2007. 36 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

SOUZA, C.; SCHOENHALS, M.; CORNELI, V. M. **Diagnóstico da contaminação do solo e aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos da CETESB na área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Peabirú - PR**. 2012. 22 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2011.

SOUZA, G. C.; GUADAGNIN, M. R. **Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos domiciliares: o método de quarteamento na definição da composição gravimétrica em Cocal do Sul-SC**. 2009. Disponível em: <[http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1372/1/Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos.pdf](http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1372/1/Caracterização%20quantitativa%20e%20qualitativa%20dos%20resíduos.pdf)>. Acesso em maio de 19.

TIMÓTEO, E. E. M.; PENNA, L. F. R. **Disposição final de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso do município de Sardoá-MG**. 2014. 22 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Ifmg - Instituto Federal de Minas Gerais, Governador Valadares, 2014.

VALDETARO, E. B.; SILVA, E.; SILVA, J. C.; JACOVINE, L. A. G. Conjugação dos métodos da matriz de interação e do check-list na avaliação quali-quantitativa de impactos ambientais de um programa de fomento florestal. **Revista Árvore** [online]. 2015, vol.39, n.4, pp.611-622. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622015000400611&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 0100-6762. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000400003>. Acesso em maio de 19.

VINDOURA-GOMES, R. M.; CÂMARA, V. M.; SOUZA, D. P. O. Escolares residentes em área impactada por aterro sanitário e seu conhecimento sobre poluição. **Cadernos Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p.445-452, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1414-462x201500060119>.

ANEXO

ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS – IQR	
Município: Horizonte	Data: 18/07/2019
Local: Região Metropolitana de Fortaleza	Agência: -
Bacia hidrográfica: Metropolitana	UGRHI: -
Licença: LI	Técnico: Francisco Vieira Paiva

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
ESTRUTURA DE APOIO	1. Portaria, balança e vigilância	Sim/suficiente	2	0
		Não/insuficiente	0	
	2. Isolamento físico	Sim/suficiente	2	0
		Não/insuficiente	0	
	3. Isolamento visual	Sim/suficiente	2	0
		Não/insuficiente	0	
	4. Acesso à frente de trabalho	Adequado	3	0
		Inadequado	0	

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
FRENTE DE TRABALHO	5. Dimensões da frente de trabalho	Adequadas	5	0
		Inadequadas	0	
	6. Compactação dos resíduos	Adequada	5	0
		Inadequada	0	
	7. Recobrimento dos resíduos	Adequado	5	0
		Inadequado	0	

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
TALUDES E BERMAS	8. Dimensões e inclinações	Adequadas	4	4
		Inadequadas	0	
	9. Cobertura de terra	Adequada	4	4
		Inadequada	0	
	10. Proteção vegetal	Adequada	3	0
		Inadequada	0	
	11. Afloramento de chorume	Não/raros	4	4
		Sim/numerosos	0	

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
SUPERFÍCIE SUPERIOR	12. Nivelamento da superfície	Adequado	5	5
		Inadequado	0	
	13. Homogeneidade da cobertura	Sim	5	5
		Não	0	

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ESTRUTURA DE APOIO	14. Impermeabilização do solo	Sim/adequada (Não preencher item 15)	10	0
		Não/inadequada (Preencher item 15)	0	
	15. Prof. Lençol freático (P) x Permeabilidade do solo (k)	$P > 3m, k < 10^{-6} \text{ cm/s}$	4	0
		$1 \leq P \leq 3m, k < 10^{-6} \text{ cm/s}$	2	
		Condição inadequada	0	
	16. Drenagem de chorume	Sim/suficiente	4	0
		Não/insuficiente	0	
	17. Tratamento de chorume	Sim/adequado	4	0
		Não/inadequado	0	
	18. Drenagem provisória de águas pluviais	Suficiente/desneces.	3	0
		Não/insuficiente	0	
	19. Drenagem definitiva de águas pluviais	Suficiente/desneces.	4	0
		Não/insuficiente	0	
	20. Drenagem de gases	Suficiente/desneces.	4	4
		Não/insuficiente	0	
	21. Monitoramento de águas subterrâneas	Adequado	4	1
		Inadequado/insufic.	1	
		Inexistente	0	
	22. Monitoramento geotécnico	Adequado/desneces.	4	1
		Inadequado/insufic.	1	
		Inexistente	0	
	SUBTOTAL 1		86	32

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	
OUTRAS INFORMAÇÕES	23. Presença de catadores	Não	2	0	
		Sim	0		
	24. Queima de resíduos	Não	2	2	
		Sim	0		
	25. Ocorrência de moscas e odores	Não	2	0	
		Sim	0		
	26. Presença de aves e animais	Não	2	0	
		Sim	0		
	27. Recebimento de resíduos não autorizados	Não	2	2	
		Sim	0		
	28. Recebimento de resíduos industriais	Sim (Preencher item 29)			-
		Não (ir p/ item 30)			
	29. Estruturas e procedimentos	Suficiente	10	-	
Insuficiente		0			
SUBTOTAL 2.1			10	4	
SUBTOTAL 2.2			20		

ITEM	SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
CARACTERÍSTIC DA ÁREA	30. Proximidades de núcleos habitacionais	>= 500m	2	0
		< 500m	0	
	31. Proximidades de corpos d'água	>= 200m	2	0
		< 200m	0	
	32. Vida útil da área	<= 2 anos	-	-
		2 < x <= 5 anos	-	
		> 5 anos	-	
	33. Restrições legais ao uso do solo	Sim	-	-
		Não	-	
	SUBTOTAL 3		4	0

TOTAL MÁXIMO (100)	TOTAL MÁXIMO (110)
2.1	2.2
Sem recebimento de resíduos industriais	Com recebimento de resíduos industriais
36	NÃO É O CASO

IQR – SOMA DOS PONTOS/10	IQR – SOMA DOS PONTOS/11
Sem recebimento de resíduos industriais	Com recebimento de resíduos industriais
3,6	NÃO É O CASO