



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E PLANEJAMENTO
ESPACIAL**

RELATÓRIO ACADÊMICO DE MESTRADO

**GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM PEDRO II – PIAUÍ: PRESENTE E
FUTURO**

LILIANE HANNA GEORGES

Orientador: prof. Dr. Érico Rodrigues Gomes

**TERESINA
2021**

LILIANE HANNA GEORGES

**GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM PEDRO II – PIAUÍ: PRESENTE E
FUTURO**

Relatório Acadêmico de Mestrado
apresentado ao Programa de Pós-
Graduação em Análise e Planejamento
Espacial – Geografia, do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí, Campus Teresina Central, como
requisito para a obtenção do título de
Mestre em Análise e Planejamento
Espacial - Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Érico Rodrigues Gomes

TERESINA/PI

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Georges, Liliane Hanna
G351g Gestão dos resíduos sólidos em Pedro II - Piauí : presente e futuro /
Liliane Hanna Georges. - 2021.
103 f.: il. color.
Dissertação (Mestrado Profissional em Análise e Planejamento
Espacial) - Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, 2021.
Orientador : Prof. Dr. Érico Rodrigues Gomes.
1. Impactos ambientais. 2. Levantamento aerofotogramétrico. 3. Lixão.
4. Resíduos sólidos. I. Título.

CDD - 910

LILIANE HANNA GEORGES

GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM PEDRO II – PIAUÍ: PRESENTE E
FUTURO

Relatório Acadêmico de Mestrado
apresentado ao Programa de Pós-
Graduação em Análise e Planejamento
Espacial – Geografia, do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí, Campus Teresina Central, como
requisito para a obtenção do título de
Mestre em Análise e Planejamento
Espacial - Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental

Aprovada em 22/12/2021.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Érico Rodrigues Gomes - Orientador
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Glairton Cardoso Rocha
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dra. Elaine Aparecida Da Silva
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

À minha família, alicerce da minha existência

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Érico Rodrigues Gomes por ter acreditado que este trabalho seria possível e pelo empenho dedicado à sua elaboração.

A todos os docentes do Programa de Pós Graduação em Análise e Planejamento Espacial – Geografia, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, em especial ao professor Dr. Glairton Cardoso Rocha, por ter a iniciativa, a garra e a liderança no processo de instalação do mestrado no IFPI, pois sem dúvida, o Programa mostra-se valioso para todos os segmentos da sociedade.

A minha família pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu esposo pelo companheirismo infinito.

RESUMO

O desenvolvimento econômico aliado ao processo de urbanização e o rápido crescimento populacional exercem pressão no meio ambiente na medida em que o sistema produtivo demanda a utilização cada vez maior de recursos naturais necessários a produção de bens de consumo. Nesse contexto, os resíduos sólidos aumentam de forma exponencial juntamente com os problemas advindos da sua disposição final inadequada em lixões e aterros controlados. Neste sentido, este estudo tem como objetivo realizar o diagnóstico e a avaliação dos impactos ambientais decorrentes da gestão dos resíduos sólidos realizada no município de Pedro II – Piauí através do método avaliativo matricial para a identificação e classificação dos impactos ambientais, bem como, executar um levantamento aerofotogramétrico com a utilização de drone associado ao receptor geodésico na atual área de disposição de resíduos permitindo assim, complementar através dos produtos cartográficos gerados a avaliação de impactos matricial com análises visuais mais apuradas. Os resultados obtidos através do levantamento aerofotogramétrico apresentaram dados de alta qualidade e precisão que foram adquiridos de modo rápido e com baixo custo operacional quando comparado ao levantamento topográfico convencional. Dessa maneira, o seu uso demonstrou ser uma promissora ferramenta em análises, auditorias e monitoramentos ambientais. Na etapa de avaliação dos impactos foram identificados impactos ambientais como o incremento nos processos erosivos, a possível contaminação do solo e do lençol freático, a emissão de gases do efeito estufa, entre outros. Esse conjunto de dados permitiu evidenciar que o lixão do município em questão apresenta degradação alta e, portanto, conclui-se que a implantação de área de disposição ambientalmente adequada de rejeitos em aterro sanitário, conforme dispositivos legais estabelecidos na Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, além de implementação de programa de recuperação da área degradada inativada, possuem caráter emergencial para a redução da magnitude e a abrangência dos impactos ambientais. Diante do que foi exposto, este estudo fornece informações acerca da real situação de degradação ambiental para que o gestor público adote ações mitigadoras permitindo assim, o desenvolvimento da gestão dos resíduos de modo sustentável, além do estabelecimento de programa de educação ambiental que promova a sensibilização da sociedade civil em relação à importância do manejo adequado dos resíduos.

Palavras-chave: Impactos ambientais. Levantamento Aerofotogramétrico. Lixão. Resíduos sólidos.

ABSTRACT

The economic development combined with the process of urbanization and rapid population growth exert pressure on the environment to the extent that the production system demands the increasing use of natural resources necessary for the production of consumer goods. In this context, solid waste increases exponentially along with the problems arising from inadequate final disposal in dumps and controlled landfills. In this sense, this study aims to perform the diagnosis and evaluation of environmental impacts arising from the management of solid waste held in the municipality of Pedro II - Piauí through the matrix evaluation method for the identification and classification of environmental impacts, as well as perform an aerial photogrammetric survey with the use of drone associated with the geodesic receiver in the current area of waste disposal thus allowing, through the use of the drone, the complement through the cartographic products generated the evaluation of matrix impacts with more accurate visual analysis. The results obtained through the aerial photogrammetric survey showed high quality and accuracy data that were acquired quickly and with low operating cost when compared to conventional topographic survey. Thus, its use has proven to be a promising tool in environmental analysis, audits and monitoring. In the stage of impact assessment were identified environmental impacts such as the increase in erosive processes, the possible contamination of soil and groundwater, the emission of greenhouse gases, among others. This set of data showed that the landfill of the municipality in question has high degradation and, therefore, it is concluded that the implementation of environmentally appropriate disposal area of waste in landfill, according to legal provisions established in the national solid waste policy, law 12.305/2010, in addition to implementation of recovery program of degraded area inactivated, in order to reduce the environmental impact of the landfills. They have an emergency character to reduce the magnitude and scope of environmental impacts. Given what has been exposed, this study provides information about the real situation of environmental degradation for the public manager to adopt mitigation actions thus allowing the development of waste management in a sustainable way, in addition to the establishment of environmental education program that promotes awareness of civil society regarding the importance of proper waste management.

Keywords: Environmental impacts. Landfill Aerophotogrammetric Survey. Waste solid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de Lixão.....	26
Figura 2: Exemplo de Aterro Controlado	27
Figura 3: Componentes de um Aterro Sanitário	29
Figura 4: Mapa de Localização do Município de Pedro II- PI	38
Figura 5: Receptor Promark 220 Geodésico coletando Pontos de Apoio/Check.....	42
Figura 6: Fluxograma metodológico	43
Figura 7: Sentido horário: Em A, vista geral do lixão; em B, pessoas e animais disputando os resíduos; em C, primeiro plano, resíduos sólidos recicláveis retirados do lixão, visto em segundo plano; em D, primeiro plano, solo escuro contaminado com resíduos orgânicos, água / chorume, animais. Em segundo plano, atividade agrícola de subsistência sobre solo contaminado	48
Figura 8: Nuvem de pontos 1 do Lixão de Pedro II- PI.....	52
Figura 9: Nuvem de pontos 2 do Lixão de Pedro II- PI.....	52
Figura 10: Nuvem de pontos 3 do Lixão de Pedro II- PI com a representação da linha de voo – tomada de fotos executada.....	53
Figura 11: Modelo Digital de Superfície - MDS	53
Figura 12: Perfil da Superfície	54
Figura 13: Volume dos resíduos.....	54
Figura 14: Modelo Digital de Terreno – MDT	55
Figura 15: Perfil dentro da área do lixão gerado através do MDT	55
Figura 16: Representação altimétrica do perfil dentro da área do lixão	56
Figura 17: Curvas de nível	56
Figura 18: Ortofoto	57
Figura 19: Ortofoto com sobreposição de curvas de nível	57
Figura 20: Área que os resíduos ocupam	58
Figura 21: - Mapa de Localização da área de implantação do aterro sanitário e lixão.	59
Figura 22: Localização do aterro na Bacia Hidrográfica do Rio Corrente.....	63
Figura 23: Incêndio no Lixão de Pedro II.....	64
Figura 24: Incêndio no Lixão de Pedro II.....	65
Figura 25: Incêndio no Lixão de Pedro II.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Geração de RSU no Brasil.....	23
Tabela 2: Geração de RSU na região Nordeste	23
Tabela 3: Geração de RSU por regiões.....	24
Tabela 4: Disposição final de RSU nas regiões, por tipo de destinação (t/ano)	24
Tabela 5: Matriz de avaliação qualitativa dos impactos ambientais nos meios físico, biótico e antrópico do lixão de Pedro II – PI	49
Tabela 6: Comparação PEC (Tabulado x Calculado)	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL	15
2.1 Discussão Conceitual da Paisagem	15
2.2 Resíduos Sólidos	17
2.3 Classificação dos Resíduos Sólidos	19
2.3.1 Classificação dos Resíduos Sólidos conforme o critério Processo ...	19
2.3.2 Resíduos Sólidos conforme o critério da Fonte Geradora	20
2.4 Política Nacional do Resíduos Sólidos	21
2.5 Geração e Situação Atual de Disposição dos RSU no Brasil	23
2.6 Formas de Tratamento e Disposição Final dos Resíduos Sólidos	24
2.6.1 Compostagem	25
2.6.2 Incineração	25
2.6.3 Reciclagem	26
2.6.4 Lixões ou vazadouros	26
2.6.5 Aterro controlado	26
2.6.6 Aterro sanitário	27
2.7 Instrumentos Normativos	31
2.8 Métodos Construtivos dos Aterros Sanitários	33
2.9 Impactos Ambientais Ocasionados pela Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos	34
2.10 A utilização das geotecnologias	37
2.11 Área de estudo	38
3 METODOLOGIA	40
3.1 Procedimentos metodológicos	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICES	76
APÊNDICE A – Cartilha de Educação Ambiental	77

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico em conjunto com o processo de urbanização e o rápido crescimento populacional exercem pressão no meio ambiente na medida em que o sistema produtivo demanda a utilização cada vez maior de recursos naturais necessários a produção de bens de consumo e alimentos. Nessa configuração a apropriação da natureza pelo ser humano sob a ótica econômica, o crescimento vertiginoso das cidades com planejamentos urbanos incompatíveis com a organização social e a utilização inadequada de recursos contribuem para o agravamento das questões socioambientais.

Nesse contexto a temática dos resíduos sólidos vêm sendo discutida mundialmente desde as últimas décadas do século XX, especialmente no que diz respeito ao aumento exponencial na sua quantidade e os problemas advindos da sua disposição final inadequada que continuam sendo realizadas na maioria dos municípios brasileiros em lixões e aterros controlados.

De acordo com o levantamento realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) em 2020, a geração de resíduos sólidos urbanos registrada no ano de 2019 foi de 79 milhões de toneladas sendo que 43,3 milhões de toneladas tiveram destinação adequada em aterro sanitário e 29,5 milhões de toneladas continuam sendo destinados de forma inadequada em lixões ou aterros controlados.

A NBR-10004/2004 menciona em sua classificação que os resíduos sólidos urbanos enquadram-se na categoria de resíduos não perigosos, no entanto o seu descarte diretamente sobre o solo sem qualquer medida protetiva conforme menciona Fernandes (2001) acarreta inúmeros impactos negativos ao meio ambiente e a qualidade de vida da população. As consequências ambientais decorrentes do inadequado tratamento dado aos resíduos sólidos urbanos, impactam as águas superficiais, águas subterrâneas, solos e ar devido à contaminação oriunda da decomposição da matéria orgânica, da percolação do chorume, da emissão de gases e a combustão dos resíduos, além de favorecer condições ideais para a proliferação de agentes nocivos responsáveis pela transmissão de doenças.

Segundo a Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 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:

- I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II. as atividades sociais e econômicas;
- III. a biota;
- IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V. a qualidade dos recursos ambientais”.

Para Sánchez (2013) trata-se de alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocados por ação humana. Dessa maneira, o impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração significativa no meio ambiente, em um ou mais de seus componentes, provocada pela ação antrópica.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída através da Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010 estabelece princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos proíbe a abertura de novos lixões e delega aos municípios a responsabilidade de coleta, transporte, tratamento e disposição final que deverá ser feita de maneira sanitária e ambientalmente segura em aterros sanitários.

Neste sentido, este estudo tem como objetivo geral realizar o diagnóstico e a avaliação dos impactos ambientais decorrentes da gestão dos resíduos sólidos realizada no município de Pedro II – Piauí. A pesquisa tem como objetivos específicos:

- a) Realizar um diagnóstico ambiental da atual área de disposição de resíduos sólidos no município;
- b) Executar um levantamento aerofotogramétrico com a utilização de drone associado ao receptor geodésico na atual área de disposição de resíduos; afim de complementar a avaliação dos impactos ambientais.
- c) Identificar os impactos ambientais causados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos.

- d) Fornecer informações acerca da real situação de degradação ambiental para que o gestor público adote ações mitigadoras permitindo assim, o desenvolvimento da gestão dos resíduos de modo sustentável.
- e) Produzir cartilha de educação ambiental com o intuito de promover a orientação e a sensibilização da sociedade civil em relação à importância do manejo adequado dos resíduos.

Partindo destes pressupostos, a justificativa para a realização desse estudo alicerça-se no fato de estarmos diante de uma crise ambiental acarretada por ações danosas ao meio ambiente. A problemática dos resíduos sólidos que agrava a população de Pedro II, assim como, acontece em outras cidades é apenas um reflexo de modos de vida insustentáveis que adotamos e também da não obediência aos dispositivos legais por parte do gestor público. É imperioso encerrar as atividades de disposição final em lixão tendo em vista minimizar os efeitos negativos da inadequada disposição de resíduos sólidos, nos aspectos ambiental, sanitário, social e econômico da cidade de Pedro II - PI.

A relevância do trabalho se dá em oportunizar uma análise acerca da gestão e do gerenciamento dos resíduos sólidos desenvolvida no município em questão, gerando assim informações úteis para a adoção de medidas mitigadoras para minimizar os impactos ambientais já ocasionados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL

2.1 Discussão Conceitual da Paisagem

As preocupações referentes as questões ambientais no planeta advindas da ação antrópica sobre a natureza na produção do espaço geográfico estão presentes na Geografia desde a sua sistematização ocorrida no século XIX. De acordo com Viana *et al* (2017), a Geografia é uma ciência que possibilita a observação sistemática, exploratória e investigativa ao considerar os aspectos físicos, humanos e sociais no estudo do espaço.

O espaço geográfico está em constante construção e transformação, pois ao longo do seu percurso histórico, as ações humanas vêm organizando social e materialmente o espaço. Neste sentido, Dolfuss (1978) aponta que:

A ação humana tende a transformar o meio natural em meio geográfico, isto é, em meio moldado pela intervenção no decurso da história. [...] o papel do homem como agente de intervenção no espaço geográfico data apenas de há 6500 ou 7000 anos, com os primórdios da agricultura. [...] Contudo, a ação humana tem se manifestado de maneira cada vez mais intensa, graças aos efeitos conjugados do crescimento demográfico em todo o mundo e do progresso das técnicas. [...]. (DOLFUSS, 1978 p. 29)

Para uma melhor compreensão Santos (2006) relata que inicialmente, no Meio Natural havia o predomínio dos elementos naturais devido ao fato da humanidade estar submetida às condições impostas pela natureza. Com o aprimoramento das técnicas, a relação de harmonia com o ambiente começa sofrer abalos pois, é por meio do trabalho, dos modos de produção (feudal, capitalista, socialista, etc), com seus aspectos sociais, econômicos, políticos e culturais que o espaço geográfico é gerado e formatado. Neste sentido, o espaço geográfico resulta da composição de paisagens naturais e paisagens artificiais.

O conceito de paisagem causa controvérsias por admitir diversos significados, modos de abordagem e emprego. Na Geografia o interesse científico pela paisagem se deu em grande parte a partir de Humboldt que faz menção à natureza pelo fato de seus estudos considerarem a vegetação o dado mais significativo para caracterizar um aspecto espacial. Ritter com seus estudos a respeito das sociedades e o meio natural seguidos de Ratzel com a teoria do Determinismo Geográfico e La Blache com a teoria Possibilista forneceram as bases para formação da Geografia. Segundo

Sousa *et al* (2020) o conceito de paisagem atrelado à descrição propagou-se por muito tempo. Dessa maneira, a maioria desses estudos geográficos apresentavam questões naturais desconectadas das questões humanas.

Em outra perspectiva tudo que nós vemos, sentimos e podemos perceber é a paisagem, assim a definição dada por Santos (2008) considera que a paisagem é o domínio do visível, aquilo que a visão abarca e pode ser formada por volumes, cores, movimentos, odores, sons etc.

No entendimento de Dolfuss (1973) a paisagem é composta por elementos geográficos que se relacionam entre si. Conforme Gorayeb e Pereira (2014) a paisagem pode ser sentida, observada e analisada sob diferentes prismas, envolvendo aspectos perceptivos, sensoriais e cognitivos.

Bertrand (1972) considera a paisagem como um conjunto geográfico indissociável que resulta da interação dinâmica, instável e dialética dos atributos físicos, biológicos e antrópicos. Para Tricart (1977) a paisagem é uma porção do espaço perceptível a um observador onde se inscreve uma combinação de fatores visíveis e invisíveis e interações do qual só percebemos em determinado momento o resultado global. Dessa maneira, Tricart (1977) trabalha com a dialética da natureza, com fluxos de matéria e energia e com processos. Sua obra *Ecodinâmica* é uma referência na compreensão do estudo da paisagem através da sua abordagem processual (morfogênese, pedogênese incluindo também o conceito de geossistema).

De acordo com Christofolletti (1999), a paisagem deve ser compreendida como um sistema ambiental, físico e socioeconômico, com estruturação, funcionamento e a dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos, sociais e econômicos. Neste sentido, essa discussão teórica conceitual nos permite entender que a primeira concepção de paisagem teve vinculação direta com o ecossistema onde seres vivos de diversas espécies e ambiente natural são estruturados pelas interações entre seres vivos e o meio. Assim, não havia uma nítida separação entre Geografia, Biologia, Ciências Naturais. Já quando a paisagem adquire a ótica sistêmica torna-se mais ampla por envolver os estudos da Geologia, dos movimentos das massas de ar e da própria geosfera.

Essa visão sistêmica possui uma hierarquização dimensional em que a paisagem pode ser trabalhada em diferentes escalas, diferentemente do ecossistema

que não foi trabalhado na concepção de dimensões. O geossistema surge com esse diferencial de existência de dimensões, isso permite que uma paisagem possa ser analisada em escalas global, continental, regional, local e outras compartimentações.

Sotchava (1977) alicerçado na Teoria Geral dos Sistemas de Karl Ludwing Von Bertalanffy apresentou o termo geossistema como uma unidade sistêmica em seus estudos sobre a paisagem. Assim, a Teoria Geral dos Sistemas permitiu um novo impulso nos procedimentos técnicos metodológicos através da investigação científica e aplicação tecnológica dos sistemas em diversas ciências. De acordo com Rodrigues (2001) essa teoria considera os sistemas como conjuntos de elementos com variáveis e características diversas que mantêm relações entre si e o meio ambiente.

Nas considerações de Sotchava (1977) o geossistema constitui um sistema natural, aberto, homogêneo que é caracterizado por aspectos que relacionam a morfologia, a dinâmica, a interação dos elementos do sistema e também a exploração biológica. Além disso, apesar dos geossistemas serem considerados “fenômenos naturais” todos os fatores sociais e econômicos influenciam a sua estrutura.

A definição de geossistema dada por Bertrand (1972) é constituída pelo resultado das relações entre potencial ecológico, a exploração biológica e a ação antrópica e portanto, trata-se de uma unidade ou um nível taxonômico na categorização da paisagem expressas em zona, domínio, região, geossistema, geofácies e geótopo. É importante destacar que essa taxonomia deve ser proposta considerando a escala temporo- espacial das unidades.

Neste sentido, realizar a análise da paisagem na perspectiva geossistêmica requer a compreensão de que as dinâmicas de transformação do espaço não são elementos individuais e/ou isolados, mas segundo Bertrand e Tricart (1968) a interação entre diversos elementos, que se reproduzem tridimensionalmente em um estado.

2.2 Resíduos Sólidos

É necessário esclarecer a existência da diferença conceitual entre “lixo” e “resíduo”. Costuma-se de modo geral entender resíduo como sinônimo de lixo. Segundo Silvas e Espinosa (2014) “lixo é aquilo que se varre da casa, do jardim, da rua e se joga fora; entulho” caracterizando algo que não possui valor enquanto, que o

resíduo representa os materiais provenientes das atividades humanas e de processos naturais.

“O conceito de resíduo tem sempre embutido o aspecto de serventia e de valor econômico para o seu possuidor” (PHILIPPI *et al.*, 2014), ou seja, a embalagem passa a ser resíduo a partir do momento em que ela é esvaziada. Dessa forma, o resíduo pode ser caracterizado como material passível de aproveitamento e ao mesmo tempo, pode ser incorporado como matéria prima a um produto ou a um processo. Quando as possibilidades de aproveitamento dos resíduos são esgotadas temos como produto, o rejeito que deverá ter disposição ambientalmente adequada em aterro sanitário.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da NBR nº 10004/2004 apresenta a seguinte definição para resíduos que devem ser consideradas quando tratam de educação ambiental, cidadania e sustentabilidade:

Aqueles resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível (ABNT, NBR nº 10004/2004).

A abordagem dada ao conceito de resíduos constante na Política Nacional dos Resíduos Sólidos pela Lei Federal nº 12.305/2010, em seu artigo 3º, inciso XVI não está tão distante daquele mencionado pela NBR nº 10004/2004. A referida lei define resíduos como:

... material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, art.3º).

A necessidade de abordar um tema tão complexo no sentido da conscientização ambiental exige uma reflexão cada vez menos linear das definições mencionadas. Estas, por sua vez, são concordantes ao considerar que os resíduos são resultantes de atividades humanas diversas. Rocha (2020) aponta a importância da utilização da norma ABNT NBR 10.004:2004 - Resíduos sólidos – Classificação

pelo fato desta classificar os resíduos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, a norma diferencia os resíduos perigosos dos não perigosos. Assim a referida norma estabelece listas de resíduos já classificados como perigosos, de acordo com a sua fonte de geração ou a sua composição.

2.3 Classificação dos Resíduos Sólidos

Existe uma vulnerabilidade educativa de analisar e classificar os resíduos sólidos, como também, uma ausência de programas instrutivos que tratem deste eixo temático no âmbito educacional apesar de existirem normas técnicas e sólidas vigentes no Brasil. A NBR10004/2004 aponta ser necessária na classificação dos resíduos sólidos, a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e, também a de seus constituintes. Dessa forma, a classificação deve considerar a periculosidade, a origem e a natureza.

2.3.1 Classificação dos Resíduos Sólidos conforme o critério Processo

A gestão de resíduos sólidos é um processo complexo, constituído de diversos passos que partem da coleta, passando pela classificação, tratamento e acomodação final do resíduo (MÜLLER *et al.*, 2021). Nesse sentido, deve-se conscientizar todos os profissionais envolvidos sobre a classificação dos resíduos adotada pela ABNT : NBR10004/2004 para que eles percebam a periculosidade e a nocividade do material com que trabalham e compreendam o tipo de transformação e acomodação adequada destinada aos resíduos coletados. De acordo com NBR10004/2004 a classificação dos resíduos sólidos apresenta-se da seguinte maneira:

- Resíduos Perigosos (Classe I) são aqueles considerados nocivos à saúde pública e ao meio ambiente, ou seja, que possua alguma das características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
- Resíduos Não Perigosos (Classe II) encontram-se subdivididos em:
 - Resíduos Não Inertes (Classe II A) são aqueles que podem ter propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água e, portanto, não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos ou resíduos classe II B - Inertes.

- Resíduos Inertes (Classe II B) são quaisquer resíduos que quando amostrados de uma forma representativa, segundo a NBR 10.007/2004 que determina como proceder a amostragem de resíduos sólidos, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente (conforme NBR 10006/2004) que descreve os processos para a obtenção do extrato solubilizado de resíduos sólidos, e não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se por aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

No que diz respeito aos resíduos industriais, a sua classificação é muito diversificada em relação aos procedimentos e testes e por esse motivo são reguladas pelas normas da ABNT: NBR 10.004; NBR 10.005; NBR 10.006 e NBR 10.007.

2.3.2 Resíduos Sólidos conforme o critério da Fonte Geradora

Resíduos urbanos: são resíduos originários de atividades domésticas em residências urbanas, somados aos resíduos provenientes de limpeza pública urbana.

Resíduos de serviços de saúde: são gerados em hospitais, clínicas em geral, laboratórios, farmácias e outros estabelecimentos. A grande diversidade na geração dos resíduos de serviços de saúde resulta em diferentes graus de periculosidade e patogenicidade. É imprescindível dar atenção especial para a separação e o manuseio desse tipo de resíduo.

Resíduos de serviços de transporte: são originários de portos, aeroportos, terminais rodoviários, ferroviários, alfandegários entre outros. O fluxo de pessoas e cargas representam um potencial risco de transmissão de doenças e por essa razão, o setor é regulado por medidas sanitárias principalmente, em casos emergenciais que visem à preservação da saúde pública.

Resíduos agrícolas: são aqueles gerados nas atividades de agropecuária e silvicultura. São constituídos por embalagens de adubos, rações, defensivos agrícolas, restos de colheita, esterco animal entre outros. As embalagens de agroquímicos apresentam elevada periculosidade.

Resíduos radioativos: são materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear- CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.

Resíduos da construção civil: são provenientes das construções, reformas, demolições, escavações entre outros.

Também, se faz necessária uma reflexão sobre a inexistência das práticas sociais, através de programas educacionais que insiram a partir da vida escolar, as noções de classificação dos resíduos gerados em nosso cotidiano, como também, os gerados por indústrias, hospitais e grandes centros urbanos (MÜLLER *et al.*, 2021; VIEIRA, *et al.*, 2021). Assim, estes programas estabeleceriam a obrigatoriedade da divulgação dessas informações para a sociedade, contribuiria para a formação do conhecimento sobre os reais impactos dos perigos dos resíduos produzidos diariamente e, impactaria a sociedade sobre a importância da separação dos resíduos sólidos, do equilíbrio das atividades antrópicas e seus efeitos sobre a natureza para contribuir para um desenvolvimento sustentável.

2.4 Política Nacional do Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída através da Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto 7.404/10 estabelece princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos. Em seu art. 17º proíbe a abertura de novos lixões e delega aos municípios a responsabilidade de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos que deverá ser feita de maneira sanitária e ambientalmente segura em aterros sanitários.

Esta lei contém dispositivos que complementam a legislação ambiental já existente que visam contribuir no enfrentamento das consequências nos âmbitos social, econômico e ambiental advindos da falta de planejamento técnico e manejo inadequado dos resíduos sólidos. Gouveia (2012) aponta que o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos além de contribuir na emissão dos gases do efeito estufa gera diretamente tanto problemas ambientais quanto de saúde pública.

Siqueira (2013) refere-se à citada lei como política pública destinada a regulação do gerenciamento dos resíduos sólidos nos moldes de desenvolvimento sustentável. Observamos que o legislador propõe a prática de hábitos sustentáveis em relação ao consumo quando institui diversos instrumentos relativos ao ordenamento da prioridade para a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos.

Conforme menciona Oliveira (2012) esse ordenamento da prioridade encontra-se hierarquizada em: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Uma diferenciação que deve ser feita é com relação aos processos de gestão e gerenciamento. A gestão abrange o processo de criar, planejar, definir, organizar e controlar as ações que são operacionalizadas por sistemas de gerenciamento de resíduos. O gerenciamento por sua vez, é entendido como o ato de dar soluções metodológicas ou tecnológicas alinhadas as exigências presentes na PNRS para todo e qualquer problema causado pelos impactos dos resíduos.

O Art. 3º Inciso X – dispõe que o gerenciamento dos resíduos sólidos trata de um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos. Neste sentido, por sua vez o gerenciamento complementa e fornece ferramentas para que a gestão aconteça.

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988, art. 225).

Neste sentido, a carta magna ratifica o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos presentes na PNRS que prevê ações para entidades ou pessoas envolvidos na gestão dos resíduos sólidos. Na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos as responsabilidades são delegadas aos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, do Estado, dos agentes de serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e, também dos cidadãos.

Os acordos setoriais firmados entre poder público, fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes entre outros constituem peça fundamental para a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e da logística reversa.

A logística reversa é um instrumento da Política Nacional dos Resíduos Sólidos que viabiliza o alcance dos objetivos da responsabilidade compartilhada. Segundo Souza et al. (2015) espera-se que através dela seja possível pensar e promover o aproveitamento dos resíduos sólidos que retornam para a cadeia produtiva.

2.5 Geração e Situação Atual de Disposição dos RSU no Brasil

No comparativo apresentado pelo Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2019) entre 2010, marco inicial da Política Nacional de Resíduos e o ano 2019 registra-se considerável incremento na geração total de resíduos que anteriormente estava em torno de 67 milhões e hoje encontra-se no patamar de 79 milhões de toneladas por ano. A tabela 1 Geração de RSU no Brasil apresenta dados que comprovam o aumento na geração per capita de 348 kg/ano para 379 kg/ano.

Tabela 1: Geração de RSU no Brasil

Geração de RSU no Brasil	Geração total (t/ano)	Geração per capita (kg/hab/ano)
2010	66.695.720	348,3
2019	79.069.585	379,2

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2019).

A análise das tabelas 2 e 3 geração de RSU na região Nordeste e por regiões, respectivamente no espaço temporal 2010 a 2019 constata-se que a tendência generalizada de aumento na geração total de resíduos revela problemas relacionados ao padrão de consumo atual da sociedade. Segundo Zaneti (2002) a lógica capitalista é o fator responsável pela crise ambiental e pela grande quantidade de lixo gerado na produção e no consumo.

Tabela 2: Geração de RSU na região Nordeste

Região	Estado	Geração Total 2010 (t/ano)	Geração Total 2019 (t/ano)
Nordeste	Alagoas	884.760	1.092.810
	Bahia	4.893.555	5.071.310
	Ceará	3.243.025	3.534.660
	Maranhão	1.939.245	2.514.120
	Paraíba	1.115.440	1.282.245
	Pernambuco	2.811.230	3.285.730
	Piauí	1.072.735	1.141.355
	Rio Grande do Norte	844.245	1.115.075
	Sergipe	593.490	663.570

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2019).

Tabela 3: Geração de RSU por regiões

Região	2010		2019	
	Geração total (t/ano)	Geração per capita (kg/hab/ano)	Geração total (t/ano)	Geração per capita (kg/hab/ano)
Norte	4.406.280	286,9	5.866.645	322,7
Nordeste	17.397.725	324,6	19.700.875	347,1
Centro-Oeste	5.076.055	365,3	5.815.180	361,4
Sudeste	32.652.900	403,5	39.442.995	449,7
Sul	7.162.760	258,4	8.243.890	277,0

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2019).

As outras modalidades de disposição como aterro controlado e lixão já proibido na referida lei ainda estão presentes em todas as regiões brasileiras e conforme dados presentes na tabela 4 apontam que todas as modalidades de disposição elevaram seus índices.

Tabela 4: Disposição final de RSU nas regiões, por tipo de destinação (t/ano)

Região	2010			2019		
	Aterro Sanitário	Aterro Controlado	Lixão	Aterro Sanitário	Aterro Controlado	Lixão
Norte	1.165.810	1.015.795	1.348.675	1.683.745	1.421.675	1.664.765
Nordeste	4.314.300	4.312.110	4.486.215	5.686.700	5.255.270	5.031.525
Centro-Oeste	1.272.025	2.217.010	1.036.235	2.252.415	1.957.860	1.243.190
Sudeste	22.166.085	5.322.065	3.639.780	28.121.425	6.653.220	3.906.960
Sul	4.488.040	1.170.555	840.960	5.556.030	1.440.290	873.445
Brasil	33.406.260	14.037.535	11.351.865	43.300.315	16.727.950	12.720.250

Fonte: ABRELPE (2019).

2.6 Formas de Tratamento e Disposição Final dos Resíduos Sólidos

É necessário esclarecer a distinção existente entre dois conceitos formalizados na PNRS que costumam causar equívocos. Um deles é a “destinação final ambientalmente adequada dos resíduos” que significa segundo Souto e Povinelli (2013) conduzir os resíduos para reutilização, reciclagem, compostagem, aproveitamento energético, disposição final ou outras destinações.

Ainda conforme os autores mencionados, o conceito “disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” consiste em ordenar os rejeitos em aterro sanitário. Nesse ponto, convém retomar o conceito de rejeito que é caracterizado pelo esgotamento de todas as possibilidades de tratamento e recuperação dos resíduos por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis.

Embora a PNRS tenha estabelecido o aterro sanitário como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, em grande parte dos municípios brasileiros as atividades em lixões e aterros controlados não foram encerradas. Dessa forma, evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança assim como, minimizar os impactos ambientais constitui algo distante para muitos municípios.

2.6.1 Compostagem

A compostagem é a transformação da fração orgânica presente nos resíduos sólidos, através do processo biológico aeróbio em composto utilizado como fertilizante para o solo. Esse processo biológico valoriza a matéria orgânica de origem urbana, doméstica, industrial, agrícola ou florestal e apresenta vantagens como a redução da matéria orgânica em aterros, substitui adubos químicos e ajuda a preservar a saúde dos corpos hídricos.

Segundo Küerten (2018) o composto melhora a estrutura e a biodisponibilidade de nutrientes do solo, contudo ressalta ser necessário selecionar os materiais destinados a compostagem isentos de metais pesados, resíduos inertes ou agentes patógenos.

2.6.2 Incineração

Segundo o Compromisso Empresarial para a Reciclagem CEMPRE (2002), a incineração, consiste em um processo de tratamento térmico realizado em fornos e usinas que promovem a retirada da fração orgânica dos resíduos em altas temperaturas e reduz em aproximadamente 90% do volume dos resíduos. Em países desenvolvidos a tendência para o tratamento desses resíduos é a adoção de outros processos. Dentre esses processos podemos caracterizar a incineração (queima controlada em temperaturas de 800 °C a 1200 °C em incineradores), pirólise (processo de decomposição física e química da matéria orgânica em alta temperatura e ausência de oxigênio) e compostagem (processo biológico que transforma matéria orgânica em húmus).

Para Küerten (2018) a incineração demanda vultosos custos de instalação e do ponto de vista ambiental gera poluentes perigosos como metais pesados, hidrocarbonetos halogênicos e gases ácidos.

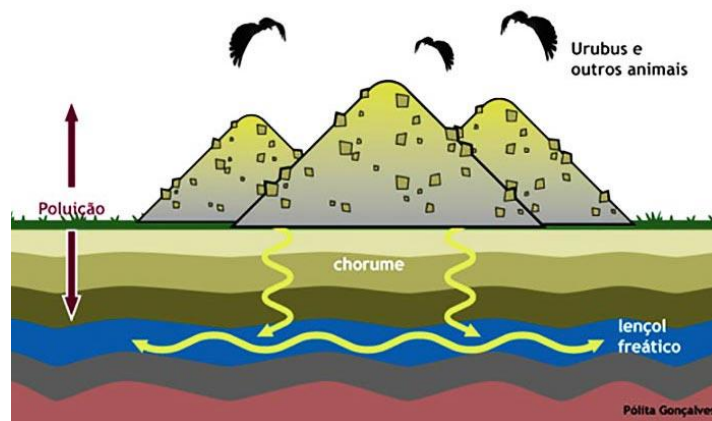
2.6.3 Reciclagem

A reciclagem consiste na transformação dos materiais descartados através da modificação das características físicas. Esse processo pode acontecer na fase direta, ou seja, durante o processo produtivo, ou na fase indireta, pós – consumo depois de serem descartados como resíduos pelos seus usuários.

2.6.4 Lixões ou vazadouros

Os resíduos sólidos são despejados diretamente sobre o solo que não possui nenhum tipo de impermeabilização. O chorume, líquido resultante da decomposição dos resíduos, juntamente, com as emissões gasosas provocam danos ao ambiente e a saúde pública pois, contaminam solo, água e ar e permitem a proliferação de vetores.

Figura 1: Exemplo de Lixão



Fonte: Pólita Gonçalves (www.hyperverde.com.br)

Para Marra (2016) nessa forma de disposição final não há qualquer tratamento, cuidado ou controle sobre o tipo de resíduo que está sendo descartado. Outros pontos que devem ser mencionados são a falta de controle com relação à entrada de veículos, catadores ou até mesmo animais diversos.

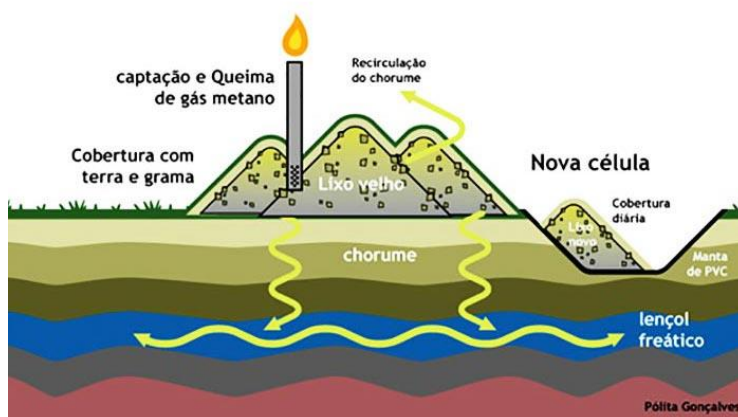
2.6.5 Aterro controlado

O aterro controlado é considerado um estágio intermediário entre lixões ou vazadouros e o aterro sanitário. Nessa forma de disposição os resíduos sólidos são confinados em locais mais restritos com o recobrimento dos resíduos com uma

camada de solo que possibilita uma redução na proliferação de vetores. Segundo Marra (2016) mesmo que esses locais apresentem uma impermeabilização simples, não há drenagem do lixiviado e dos gases gerados na célula de disposição.

De acordo com Küerten (2018) as etapas referentes ao tratamento dos resíduos estabelecidos na Política Nacional dos Resíduos necessários à proteção do meio ambiente e a saúde pública não são realizadas. Dessa maneira, não constitui opção adequada à disposição final de resíduos sólidos.

Figura 2: Exemplo de Aterro Controlado



Fonte: Pólita Gonçalves www.hyperverde.com.br

2.6.6 Aterro sanitário

Soares (2014) considera que a disposição dos resíduos em aterros é o método mais difundido e econômico nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. Segundo o autor essa opção pelos aterros sanitários deve-se basicamente à simplicidade e ao menor custo comparado com outras tecnologias.

Segundo o Portal dos Resíduos Sólidos (2018) a Alemanha é reconhecida no mundo por sua excelência na gestão dos seus resíduos, pois sua legislação aplica práticas de gerenciamento durante todo o ciclo de vida dos produtos. Na sua concepção, é estabelecida uma hierarquia na gestão que atribui alto valor agregado ao resíduo, um exemplo disso, podemos citar o aterro de Bremen na Alemanha que considera que a energia renovável está intimamente ligada ao aterro, por isso investe em fontes de energia térmica e solar.

O Aterro sanitário consiste em uma técnica que acomoda os resíduos sólidos urbanos e pode ser definido como um equipamento de infraestrutura urbana que objetiva auxiliar o manejo dos resíduos sólidos urbanos.

A NBR nº 8419/1992 da Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), define aterro sanitário como:

[...] técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se for necessário (ABNT, NBR nº 8419/1984).

Segundo Pereira Neto (2007) o aterro sanitário é uma complexa obra de engenharia que obedece a critérios técnicos normatizados que visam o confinamento dos resíduos em menor área e volume possíveis. Para Cetesb (2013) a compactação de resíduos no solo é realizada na forma de camadas que deverão ser cobertas com terra ou outro material inerte com o intuito de minimizar os danos ao meio ambiente ou à saúde pública.

Neste sentido, esse empreendimento requer que o seu planejamento e construção sejam feitos por equipes multidisciplinares para garantir o rigor técnico para o tratamento dos resíduos afim de proteger o meio ambiente e eliminar os passivos ambientais como os lixões.

Conforme Barros (2012), o aterro sanitário é uma forma de destinação e disposição final para resíduos sólidos urbanos: Classe II A e Classe II B, conforme a classificação da ABNT NBR 10004 (2004a) e além disso, consiste em uma solução sanitária e ambientalmente segura. Trata-se de uma obra de engenharia que obedece aos critérios técnicos específicos durante, as etapas de planejamento, construção, operação e sua desativação quando atingido o seu tempo de vida útil. O autor, ainda menciona que a fase de projeto, compreende o atendimento às condições topográficas, hidrogeológicas e geotécnicas, sistema de monitoramento de águas subterrâneas; sistema de drenagem com queima (ou aproveitamento energético) de gases; sistema de tratamento de percolado, recobrimento interno com argila e /ou geomembranas; plano de fechamento entre outros.

Segundo Souto e Povinelli (2013) o processo de degradação dos resíduos em condições de anaerobiose apresenta vantagens como a estabilização e uma certa

redução no volume de resíduos, mas por outro lado, também apresenta desvantagens como a geração de efluentes líquidos e gasosos.

Figura 3: Componentes de um Aterro Sanitário



Fonte: <http://portalresiduossolidos.com/aterro-sanitario/>

A impermeabilização do aterro tem como função impedir a percolação do chorume entre as camadas de solo e o lençol freático. Assim, a sua construção deve considerar fatores como a condutividade do solo, profundidade do lençol, índice pluviométrico da região, tipo de resíduo, quantificação da geração do resíduo e várias outras características. De acordo com CEMPRE (2010) características como estanqueidade, durabilidade, compatibilidade física, química e biológica dos resíduos, resistência mecânica e às intempéries devem estar presentes em um sistema.

A impermeabilização de base pode ser realizada com solo compactado de predominância argilosa, geomembranas e geocomposto argiloso (GCL) com camada de Betonita entre os geotêxteis, além da possibilidade de associação desses métodos alternando geosintéticos com camadas de solo. Segundo Almeida (2016) sistemas de impermeabilização de base e laterais, de recobrimento diário e cobertura final, coleta e drenagem de líquidos percolados, coleta e tratamento de gases, drenagem superficial, tratamento de líquidos percolados e sistema de monitoramento constituem procedimentos estruturais e construtivos para a concepção do projeto do aterro.

Para Machado (2013) o aterro sanitário necessita de Unidades Operacionais e de Apoio em sua construção. Dessa maneira, as unidades operacionais devem apresentar:

- Células específicas para a acomodação dos resíduos;

- Impermeabilização das bases;
- Isolamento diário do topo das pilhas de resíduos;
- Pátio de estocagem de materiais;
- Sistemas de coleta e tratamento dos líquidos percolados e dos gases do aterro;
- Sistema de drenagem pluvial

Com relação as Unidades de Apoio podemos elencar:

- Cortinamento Vegetal;
- Balança e sistema de controle de entrada de resíduos;
- Estradas de acesso e serviço;
- Guarita de entrada e prédio administrativo;
- Oficina e área de abastecimento.

A implementação do sistema de drenagem interna permite a coleta do líquido gerado no interior do maciço, a sua condução para fora da célula e o seu posterior tratamento. Essa coleta é realizada por drenos construídos logo após a camada impermeabilizante da base e se repete dependendo da altura das células em forma de camadas. Conforme o Geoportal da UFJF -Universidade Federal de Juiz de Fora (2021), sua construção utiliza tubos plásticos de policloreto de vinil, perfurados e envoltos com uma camada de material granulado de alta permeabilidade como por exemplo, as britas e protegidos com uma camada filtrante, geralmente geotêxtil ou de areia que atua impedindo a obstrução dos vazios. Ressalta-se que o conhecimento da vazão a ser drenada, da taxa de escoamento do chorume, a geometria das células do aterro são necessários para o correto dimensionamento do sistema.

A drenagem superficial é a responsável pela retirada da água precipitada na área do aterro evitando assim, que a infiltração ocorra no maciço dos resíduos. Dessa forma, a drenagem das águas superficiais é feita por um sistema de canaletas de brita, descidas de água nos taludes, caixas de passagem, bacias de dissipação, descargas hidráulicas entre outros.

A drenagem de gases segundo Silva (2016), tem como funções evitar que os gases gerados pela decomposição da matéria orgânica sejam lançados na atmosfera sem prévio controle e tratamento, além de prevenir que todo o maciço constituído pelas células de resíduos fique instável devido às pressões internas exercidas pelo gás.

De acordo com Bidone & Povinelli (2010), os drenos de biogás são construídos com tubos de concreto perfurados e envoltos por uma camisa de brita nº 4 que atua como material filtrante e estão presentes no aterro desde a sua base até as células do último patamar. Associados aos drenos verticais pode-se construir drenos horizontais ou diagonais para facilitar o escoamento do biogás. Além disso, toda essa estrutura pode ser interligada ao sistema de drenagem de líquidos percolados.

A problemática resultante dos gases provenientes da decomposição dos resíduos está no alto potencial explosivo, odor acentuado e aumento do efeito estufa (metano e dióxido de carbono). Atualmente, utiliza-se a queima controlada dos gases nos próprios drenos ou o reaproveitamento energético.

2.7 Instrumentos Normativos

Existem vários instrumentos normativos e técnicas para a implantação, a operação e o monitoramento de aterros sanitários. A base teórica inicia com a NBR: 10004 que faz a classificação de resíduos (resíduos perigosos, inertes e não inertes, resíduos domiciliares). Em seguida temos:

NBR: 8419/92 – Foi corrigida em 1996 e disciplina a forma de apresentar os projetos dos aterros sanitários, fixando as condições mínimas exigíveis para propor os projetos.

NBR: 15849/10 – Fornece diretrizes para a localização apresentação de projetos, implantação, operação e encerramento de aterro para municípios de pequeno porte, com menos de 20.000 habitantes. Traz requisitos mais flexíveis para municípios que se enquadram nessa categoria.

NBR: 13896/97 – estabelece os critérios para os projetos de implantação, a operação e o monitoramento dos aterros de resíduos não perigosos, definindo quais são os requisitos básicos do projeto executivo, a forma de implantar, operar, qual o programa de monitoramento mínimo, com poços à montante e à jusante, a distância mínima entre a base do aterro e o nível freático dos aquíferos.

NBR: 15113/04 – estabelece critérios para aterros da construção civil e resíduos inertes.

Nas áreas contaminadas por lixões antes de qualquer intervenção é necessário fazer uma investigação geoambiental.

NBR: 15515; 1, 2, e 3 - estabelece os procedimentos para a avaliação de passivo ambiental, em solos e águas subterrâneas, ou seja, as etapas da investigação

preliminar, confirmação da contaminação, investigação confirmatória, investigação detalhada até chegarmos na forma de remediação.

O licenciamento ambiental de aterros sanitários tem como base as Resoluções CONAMA 001/1986 (Brasil, 1986) e Resolução CONAMA 237/97 (Brasil, 1997). A apresentação dos instrumentos de Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) durante o processo de licenciamento do projeto de um aterro sanitário é obrigatório para empreendimentos de médio e grande porte.

Em aterros com disposição inferior a 20 t (vinte toneladas) por dia, a Resolução CONAMA nº 404/2008 dispensa a apresentação dos instrumentos acima mencionados. Por outro lado, enfatiza que o projeto necessita prever as medidas de controle para a operação de aterros que sejam passíveis de sofrer incremento significativo na geração de resíduos.

A Resolução CONAMA 404/2008, estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte, aqueles com disposição de até 20 toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos. Em seu Art. 4º No licenciamento ambiental dos aterros sanitários de pequeno porte contemplados nesta Resolução deverão ser exigidas, no mínimo, as seguintes condições, critérios e diretrizes. Assim a Resolução CONAMA 404/2008 dispõe:

- I - vias de acesso ao local com boas condições de tráfego ao longo de todo o ano, mesmo no período de chuvas intensas;
- II - respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental e normas técnicas;
- III - respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental relativas a áreas de preservação permanente, Unidades de Conservação, ecossistemas frágeis e recursos hídricos subterrâneos e superficiais;
- IV - uso de áreas com características hidrogeológicas, geográficas e geotécnicas adequadas ao uso pretendido, comprovadas por meio de estudos específicos;
- V - uso de áreas que atendam a legislação municipal de Uso e Ocupação do Solo, desde que atendido o disposto no art. 5º e 10 da Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, com preferência daquelas antropizadas e com potencial mínimo de incorporação à zona urbana da sede, distritos ou povoados e de baixa valorização imobiliária;
- VI - uso de áreas que garantam a implantação de empreendimentos com vida útil superior a 15 anos.
- VII – impossibilidade de utilização de áreas consideradas de risco, como as suscetíveis a erosões, salvo após a realização de intervenções técnicas capazes de garantir a estabilidade do terreno.
- VIII - impossibilidade de uso de áreas ambientalmente sensíveis e de vulnerabilidade ambiental, como as sujeitas a inundações.
- IX - descrição da população beneficiada e caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos a serem dispostos no aterro;
- X - capacidade operacional proposta para o empreendimento
- XI - caracterização do local:
- XII - métodos para a prevenção e minimização dos impactos ambientais;
- XIII - plano de operação, acompanhamento e controle;

XIV - apresentação dos estudos ambientais, incluindo projeto do aterro proposto, acompanhados de anotação de responsabilidade técnica;
 XV - apresentação de programa de educação ambiental participativo, que priorize a não geração de resíduos e estimule a coleta seletiva, baseado nos princípios da redução, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos urbanos;
 XVI - apresentação de projeto de encerramento, recuperação e monitoramento da área degradada pelo(s) antigo(s) lixão (ões) e proposição de uso futuro da área, com seu respectivo cronograma de execução;
 XVII - plano de encerramento, recuperação, monitoramento e uso futuro previsto para a área do aterro sanitário a ser licenciado;
 XVIII - Apresentação de plano de gestão integrada municipal ou regional de resíduos sólidos urbanos ou de saneamento básico, quando existente, ou compromisso de elaboração nos termos da Lei Federal no 11.445/2007;
 Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá a qualquer tempo, considerando as características locais, incluir novas exigências
 (BRASIL, 2008)

Com relação à vida útil, a ABNT NBR 13896 (ABNT, 1997a) recomenda-se no mínimo vida útil de 10 (dez) anos. Para aterros de pequeno porte a ABNT NBR 15849 (ABNT, 2010f) define as diretrizes para projeto, implantação, operação, encerramento e vida útil de no mínimo de 15 (quinze anos). As referidas normas mencionam que independentemente do porte do aterro, a localização deve contemplar critérios hidrogeológico, geológico e geotécnico favoráveis à implantação e distância mínima das residências de 500m (quinhentos metros).

2.8 Métodos Construtivos dos Aterros Sanitários

Para a implantação de um aterro sanitário faz – se necessária a avaliação criteriosa de diversos fatores. Inicialmente, a escolha da área de implantação deve partir da observância do plano diretor do município que irá fornecer informações significativas a respeito do grau de urbanização da cidade, zoneamento da região, regras para o uso e ocupação do solo em consonância com os parâmetros técnicos das normas e diretrizes nas esferas federal, estadual e municipal para o devido cumprimento dos dispositivos relativos a legislação ambiental. Segundo Kuerten (2018) variáveis como a topografia local, o tipo de solo e a profundidade do lençol freático incidem na seleção da técnica mais adequada.

Para Silva (2016) na construção de aterros sanitários a análise topográfica constitui aspecto de relevância devido a influência exercida na conformação do aterro e no método de disposição dos resíduos. A declividade da área de implantação de acordo com a ABNT (2010) deve apresentar índice entre 1% e 30%.

Na avaliação geotécnica do solo de fundação, o conhecimento das características de cada camada de subsolo, a profundidade do lençol freático e a permeabilidade são imprescindíveis para a execução do empreendimento. Segundo ABNT (2010) para a aquisição das informações relativas as camadas de subsolo e profundidade do lençol freático é necessário a realização de sondagens de simples reconhecimento com ensaio SPT (Standard Penetration Test). Já para o critério permeabilidade os ensaios devem ser realizados *in situ* com a associação às sondagens. Souto e Povinelli (2013) mencionam que a literatura apresenta três métodos construtivos denominados: Trincheira, Rampa e Área.

O método da Trincheira é empregado para terrenos que sejam planos ou pouco inclinados onde o lençol freático não seja raso. (SOUZA, 2015). Dessa maneira a disposição é realizada abaixo do nível do terreno em valas naturais ou escavadas para esse fim e consiste no método de aterramento mais comum em aterros de pequeno porte. O ponto positivo desse método é o fato de poder utilizar o material de escavação como material de cobertura de resíduos.

No que se refere ao método da Rampa, é recomendado quando o terreno onde será implantado o aterro apresenta topografia acidentada ou em terrenos planos onde o solo apresenta boas condições para a escavação e utilização do mesmo como material para a cobertura. Para Souto e Povinelli (2013) esse método construtivo permite o aproveitamento das encostas para fazer as contenções laterais do aterro e usar o ponto mais baixo para fazer a coleta do lixiviado.

O método da Área compreende a formação de camadas de resíduos compactados que se encontram assentadas em uma base impermeabilizada construída acima da superfície original do terreno. É empregado geralmente em locais de topografia plana e lençol freático raso. (CEMPRE, 2000) Os desníveis criados pela compactação dos resíduos originam uma elevação na forma de tronco de pirâmide que posteriormente será coberta com terra e servirá como embasamento para a disposição das próximas células.

2.9 Impactos Ambientais Ocasionados pela Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos

Segundo a Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 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:

- I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II. as atividades sociais e econômicas;
- III. a biota;
- IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V. a qualidade dos recursos ambientais.

O impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração significativa no meio ambiente, em um ou mais de seus componentes, provocada pela ação antrópica. Para Sánchez (2013) trata-se de *alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocados por ação humana*. Nesse sentido, a disposição inadequada de resíduos assim como, a implantação de um empreendimento com o porte de um aterro sanitário causa diversos impactos desde a etapa de implantação, operação, encerramento e pós-encerramento.

Na implementação de aterro sanitário o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) regula, em nível nacional o licenciamento desse tipo da atividade através das resoluções:

Resolução CONAMA 001/1986 – define responsabilidades e critérios para a Avaliação de Impacto Ambiental além das atividades que necessitam do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), bem como do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)

Resolução CONAMA 237/97 - dispõe sobre sistema de Licenciamento Ambiental, a regulamentação dos seus aspectos conforme estabelecidos pela Política Nacional do Meio Ambiente.

Resolução CONAMA 308/2002 – estabelece as diretrizes do Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte.

De acordo com a Resolução CONAMA 237/97 o Licenciamento Ambiental tem o propósito de evitar a ocorrência de danos ambientais. Assim, o licenciamento ambiental caracteriza-se como procedimento administrativo utilizado pelo órgão ambiental competente para licenciar a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades que demandam recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, de alguma maneira, possam causar degradação ambiental.

Kapusta e Rodriguez (2009) apontam que o licenciamento é composto principalmente por três licenças: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Os autores conceituam:

[...]Licença Prévia (LP):

- Solicitada na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental.
- Quando na implantação, alteração ou ampliação do empreendimento.
- Estabelece os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas fases de instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso de solo.
- Indispensável para solicitar financiamentos e incentivos fiscais.
- Aprova a viabilidade ambiental do empreendimento, não autorizando o início das obras.
- Prazo de validade não superior a 5 (cinco) anos.
- Estabelece condições tais que o empreendedor possa prosseguir com a elaboração do projeto.

Licença Instalação (LI):

- Autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes.
- Autoriza o início da obra/empreendimento.
- Concedida após a análise e aprovação do projeto executivo e outras condições da LP.
- Prazo de validade não superior a 6 (seis) anos.

Licença de Operação (LO):

- Autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.
- É concedida após vistoria e confirmação do funcionamento dos sistemas de controle ambiental, especificadas nas fases anteriores do licenciamento (LP e LI).
- Autoriza o início do funcionamento do empreendimento.
- O prazo de validade deverá considerar os planos de controle ambiental e será de, no mínimo, 4 (quatro) anos e, no máximo, 10 (dez) anos.
- Deve ser renovada[...] (KAPUST; RODRIGUEZ, 2009 p. 26-27)

Em resumo, a Licença Prévia é requerida com a apresentação do projeto básico, com vistas à verificação da adequação da localização e a viabilidade do empreendimento, trata-se da realização dos estudos ambientais, levantamentos e quais as medidas de mitigação da atividade que poderão causar impacto. Na Licença de Instalação conforme Souto e Povinelli (2013) depois de verificadas a incorporação ao das medidas de mitigação e controle estabelecidas na etapa anterior, entre outros procedimentos que se tornem necessários a licença de Instalação do empreendimento é concedida embasada na definição de contrapartidas que são estabelecidas entre poder público e empresa. Já a Licença de Operação permite que o empreendimento funcione de fato. Ressalta-se que quando não cumpridas as exigências estabelecidas todas as licenças poderão ser cassadas em qualquer espaço temporal.

2.10 A utilização das geotecnologias

O mapeamento desempenha papel essencial para a análise do ambiente que nos rodeia fornecendo subsídios para o desenvolvimento de inúmeras atividades. As informações obtidas do mapeamento nos fornecem produtos cartográficos relevantes para o apoio ao planejamento e os processos decisórios referentes à situação do espaço geográfico.

Para Coelho et al (2017) a maneira mais usual de se realizar um mapeamento é através da topografia convencional que se fundamenta em um levantamento de medições angulares e lineares, realizadas na superfície terrestre, para cálculo de volumes, áreas, coordenadas, entre outros. Já para Lima (2012) a topografia trata da descrição do lugar através de um desenho que contenha elementos que possam pormenorizar as dimensões do lugar, sua orientação, localização em relação ao globo terrestre, implantações que tenham ocorrido no local como estradas, túneis, casas etc.

Dessa maneira, em sua forma convencional a topografia é realizada através da presença física de operadores em campo que percorrem o terreno munidos com equipamentos como a estação total e receptores GNSS (GPS) coletando pontos no terreno, o que na maioria das vezes quando realizada em áreas de pouco ou nenhum acesso torna a sua execução mais onerosa e demorada.

Nas últimas décadas a Fotogrametria expandiu consideravelmente e tem sido incorporada nos levantamentos topográficos com a utilização das aeronaves não tripuladas (VANT) denominadas de drones. Segundo Coelho Filho (2007) a Fotogrametria consiste na ciência e tecnologia que utiliza as imagens adquiridas por sensores para a obtenção de dados e informação confiáveis da área de estudo. Neste sentido, no cenário do desenvolvimento das novas tecnologias, o termo geoprocessamento vem sendo muito empregado por profissionais que trabalham com informações referenciadas espacialmente da superfície terrestre. O geoprocessamento segundo Fitz (2013) é definido como uma tecnologia, ou mesmo um conjunto de tecnologias que possibilitam a manipulação, a análise, a simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados.

Em levantamentos topográficos o uso dos drones integrado ao receptor GNSS têm-se obtido resultados bem satisfatórios no que diz respeito ao custo econômico, facilidade operacional, produtividade, precisão e riqueza de detalhes. Para Prudkin e

Breunig (2019) essa integração permite a obtenção de imagens georreferenciadas que podem ser utilizadas para geração de modelos de elevação de terrenos.

Uma das vantagens apontadas por Tommaselli (2009) em relação ao mapeamento aerofotogramétrico está na inexistência de contato com o objeto a ser medido, a aquisição de informações semânticas e geométricas nos mapeamentos proporcionados pela rápida aquisição, a possibilidade de medições diversas sempre que desejar.

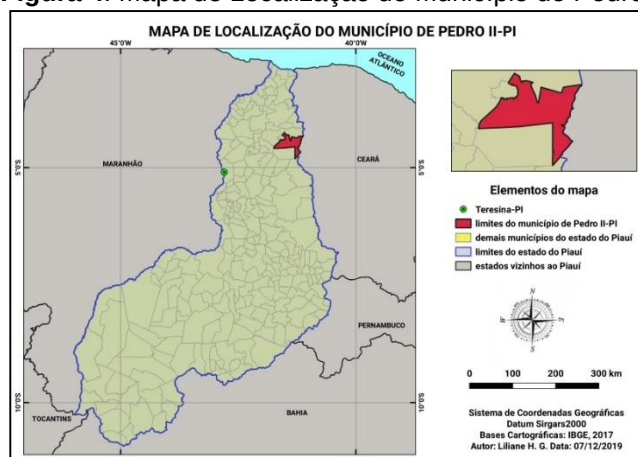
Segundo Silva (2021) os drones realizam a tomada de imagens com alta qualidade e resolução gerando a precisão dos dados coletados que podem fornecer produtos como: nuvem de pontos, modelo digital do terreno, modelo digital de elevação, ortofotomosaico, cálculo de volume, de declividade do relevo, entre outros que servem como embasamento para planejamentos, monitoramento ambiental e tomada de decisões. Dessa maneira, essa tecnologia está sendo empregada em segmentos como: topografia, construção civil, meio ambiente, agricultura, mineração e infraestrutura.

No estudo sobre a gestão dos resíduos sólidos em Pedro II, o levantamento aerofotogramétrico da atual área de descarte complementa a avaliação de impactos fornecendo produtos cartográficos da situação encontrada no lixão.

2.11 Área de estudo

A pesquisa foi realizada na área urbana do município de Pedro II que de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) encontra – se situado na mesorregião centro norte do estado do Piauí, compondo a microrregião de Campo maior. A figura 4 apresenta o mapa de localização do município de Pedro II.

Figura 4: Mapa de Localização do Município de Pedro II- PI



Fonte: Acervo dos autores

O município posiciona-se numa altitude aproximada de 603 metros com coordenadas geográficas latitude 04°25'29" Sul e longitude de 41°27'32" Oeste. Além disso, possui uma área de 1.544,565 km² de extensão territorial e apresenta uma população estimada em 38742 habitantes com densidade demográfica de 24,70 hab/Km² (IBGE, 2020). O seu clima conforme a classificação de Koppen (BRASIL, 1976) é Aw caracterizado por baixa latitude, típico de Savanas tropicais com duas estações bem definidas sendo a estação chuvosa nos meses de janeiro a maio e a seca distribuída nos demais meses do ano. O perfil das atividades produtivas, indicam que 7,6% correspondem ao setor da agropecuária, 9,3% da indústria e 83,1% dos serviços (IBGE, 2009). É importante destacar na sua economia a extração da pedra semipreciosa denominada opala, o artesanato e o potencial turístico da região.

A área de estudo escolhida para realização da pesquisa localiza-se dentro da zona urbana. De acordo com Sena et al (2020) o vazadouro do município de Pedro II possui uma área de 8,67 ha e perímetro de 1,26 km e volume total de resíduos coletados estimados entre 3,6 a 10,0 toneladas por dia.

3 METODOLOGIA

3.1 Procedimentos metodológicos

Em relação a classificação, a pesquisa apresenta um caráter descritivo e exploratório pois, conforme a definição dada por Gil (2010), envolve levantamentos bibliográficos, documentais e coleta de dados. A abordagem da pesquisa, teve caráter quali - quantitativo, visto que, considera o objeto das ciências sociais como um processo complexo, contraditório, inacabado e em constante transformação.

A pesquisa realizou-se através de revisão de literatura, levantamento fotográfico, mapeamento aerofotogramétrico com a geração de produtos cartográficos utilizando drone associado ao receptor GNSS e incursões ao campo para a observação direta da área de estudo visando dessa maneira, efetuar o diagnóstico dos impactos ambientais dos resíduos sólidos ocasionados na área de disposição atual.

Como embasamento para a identificação dos potenciais impactos utilizou-se como método de avaliação a Matriz de Impacto de Leopold et al. (1971) que considera a magnitude e importância dos impactos identificados. Nesse método o cruzamento das linhas com as colunas assinalados na matriz representa a interação do homem com o meio ambiente.

A matriz qualitativa elaborada conforme Santos (2004) e Sobral et al. (2007) norteou a construção das adaptações da matriz utilizada para a identificação dos impactos encontrados na área de estudo. Neste sentido, os parâmetros qualitativos foram avaliados em função das características:

Frequência: é considerada como característica temporal ou dinâmica que se refere a um padrão de ocorrência que pode ser temporário (T), quando o efeito da ação executada permanece por um tempo determinado, permanente (Pr), quando, uma vez executada a ação, os efeitos prevalecem em uma temporalidade conhecida, ou cíclico (C), quando o efeito é sentido em um determinado espaço de tempo que apresentam regularidade (ciclo) que podem ser ou não constatados em função do tempo.

Extensão: refere-se à característica espacial de alcance do impacto que pode ser: local (L) quando o efeito da ação é restrito à própria área; ou regional (Rg) quando um efeito se propaga além das imediações da área onde ocorre a ação.

Reversibilidade: refere-se ao retorno do fator ou parâmetros ambientais às condições originais, podendo ser caracterizado como: Reversível (Rv): quando o efeito causado por uma ação a um determinado fator ambiental, retorna às suas condições originais; Irreversível (Ir): quando o efeito causado por uma ação a um determinado fator ambiental afetado não retorna as condições originais.

Duração: refere-se à constância que o impacto e seus efeitos propagam no ambiente, podendo ser caracterizado como: Curto prazo (Cp): quando seus efeitos têm duração de até 1 ano; Impacto em médio prazo (Mp): quando decorrida a ação os efeitos têm duração de 1 a 10 anos; Impacto em longo prazo (Lp): quando decorrida a ação os efeitos têm duração de 10 a 50 anos.

Sentido: refere-se ao valor do impacto que pode ser: positivo (P) ou benéfico: quando a ação impactante resulta na melhoria da qualidade de parâmetro ambiental; negativo ou adverso: quando a ação impactante resulta em um dano à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental.

Origem: refere-se a ordem do impacto, que pode ser caracterizado como: Impacto direto, primário ou de primeira ordem: quando resulta de uma simples relação de causa e efeito; Impacto indireto, secundário ou de enésima ordem: resulta de uma reação secundária em relação ou é parte integrante de uma cadeia de reações.

Grau de impacto: refere-se a mensuração da gravidade do impacto no meio ambiente, que pode ser baixo (B): quando a utilização dos recursos naturais é diminuto em relação ao esgotamento e à degradação do meio ambiente; médio (M): quando a utilização de recursos naturais demanda ações imediatas para conter o comprometimento dos recursos e portanto, tem caráter de reversibilidade; alto (A): quando a ação compromete os recursos naturais acarretando a escassez dos mesmos, a degradação do meio ambiente entre outros. Dessa maneira, com mínimas possibilidades de reversão.

No levantamento aerofotogramétrico o drone utilizado foi o modelo Phantom 4 Pro V2.0 desenvolvido pela fabricante chinesa DJI. Trata-se de um quadricóptero que

possui sistema de posicionamento GPS (Navegação) embarcado com precisão planimétrica de seis metros e altimétrica de aproximadamente de trinta metros, sistema de medição inercial, câmera acoplada RGB com sensor de 20 megapixels com distância focal de 8 mm, bateria com autonomia de voo de 30 minutos e de acordo com o fabricante esse equipamento pode atingir velocidade de até 50km/h.

Em relação ao levantamento geodésico foram utilizados dois receptores sendo um receptor Stonex S8 Plus L1/L2/L2C/L5 capaz de rastrear as constelações GPS, GLONASS, GALILEU E BEIDO como base e outro receptor Promark 220 L1/L2 capaz de rastrear as constelações GPS e GLONASS como rover apresentados na figura 5. Com a determinação dos pontos de controle foi possível obter uma coordenada vinculada ao sistema geodésico brasileiro denominado BASE. Em seguida esse ponto foi rastreado com receptor geodésico durante 4 horas e processado pelo Serviço de Posicionamento Por Ponto Preciso - IBGE. Para a determinação das coordenadas dos pontos foto identificáveis foi utilizada a técnica de pós processamento (PP) com o tempo de ocupação de 10 minutos seguindo o Manual Técnico de Posicionamento do INCRA 1ª edição, item 2.1.2 – Posicionamento Relativo Estático – Rápido.

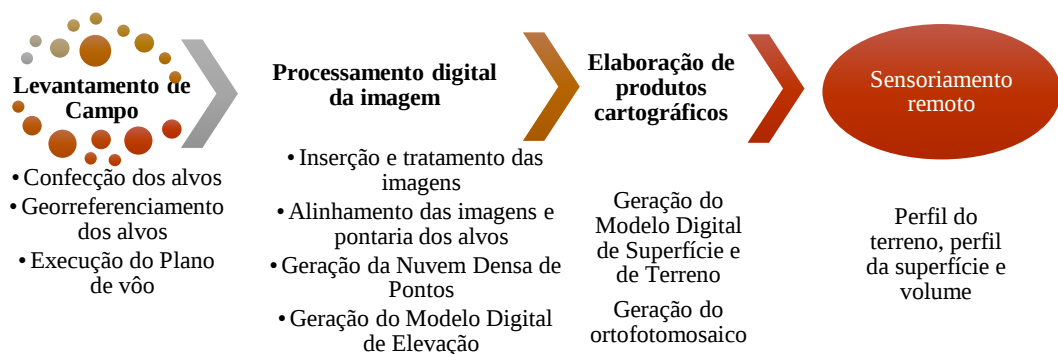
Figura 5: Receptor Promark 220 Geodésico coletando Pontos de Apoio/Check



Fonte: Elaborado pelo autor através de foto tomada *in loco*

Os softwares utilizados neste trabalho foram: GNSS Solutions, AutoCad, Trackmaker, Agisoft Photoscan, Google Earth, Dronedeploy, DJI-GO4 e para o processamento uma workstation com configuração intel core i7, memória ram de 16 gb ddr-5, ssd 240 gb, hd interno de 2 tb e placa de vídeo G force gtx- 1060 de 6 gp de memória. Para a realização do levantamento aerofotogramétrico os procedimentos metodológicos estão descritos no fluxograma da figura 6.

Figura 6: Fluxograma metodológico



Fonte: Elaborado pelo autor

Na etapa 1, no Levantamento de campo são executados os passos A, B e C.

- A. Confecção dos alvos;
- B. Execução do Plano de voo;
- C. Georreferenciamento dos alvos.

Na etapa 2, processamento digital da imagem, são realizados os passos D, F, G H e I, explorando as potencialidades das imagens digitais através do uso de técnicas de Processamento Digital de Imagens.

- D. Inserção e tratamento das imagens;
- E. Alinhamento das imagens e pontaria dos alvos;
- F. Geração da Nuvem Densa de Pontos;
- G. Geração do Modelo Digital de Elevação.

Na etapa 3, elaboração e geração de produtos cartográficos. Para isto, sendo realizado o seguinte passo:

H. Geração do Modelo Digital de Superfície e de Terreno

I. Geração do ortofotomosaico

Na etapa 4, é realizado o Sensoriamento remoto.

J. Sensoriamento

Perfil do terreno

Perfil da superfície

Volume

Após concluir o fechamento da poligonal foi dado um off set de 50 metros no sentido de fora dos limites da área de estudo criando assim uma extrapolação, utilizando o software google Earth. Com o software Dronedeploy importamos o arquivo kml da área extrapolada para a criação dos planos de voo. Foram realizados 02 planos de voo da mesma área objetivando que as faixas de voo do segundo plano ficassem posicionadas de forma perpendicular às faixas do primeiro plano de voo. Com esse procedimento garantimos uma maior sobreposição das imagens. Assim, nesse levantamento utilizamos 80% de sobreposição longitudinal e 80% de sobreposição lateral.

Com os planos de voos determinados nos dirigimos para a área de estudo para a implantação de 08 alvos foto-identificáveis de aproximadamente 1 metro quadrado, sendo 6 pontos de controle que interferem no processamento e 2 pontos de checagem das precisões. Após a confecção dos alvos, realizamos dos dois voos no horário de aproximadamente meio-dia, horário esse em que as sombras dos objetos são mínimas. Cada voo teve a duração aproximada de 12 minutos a uma altura de 155 metros.

No dia seguinte os pontos foto-identificáveis foram ocupados com receptores geodésicos de dupla frequência e assim determinamos as suas coordenadas georreferenciadas no software GNSS Solutions.

Na etapa 2 as imagens e coordenadas georreferenciadas dos pontos foto – identificáveis foram trabalhadas no software Agisoft Photoscan 1.5.3. Inicialmente fizemos uma análise da qualidade das imagens e elas apresentaram qualidades superiores a 80%, caso tivéssemos classificações da ordem de 50%, os voos deveriam ser refeitos. Em seguida foi feito o primeiro alinhamento de fotos, precisão baixa, que consiste em identificar pontos homólogos nas imagens e assim de fato organizar elas para que tenhamos uma visão da área total de estudo. Sequencialmente, fizemos as pontarias dos pontos foto-identificáveis nas imagens, ou seja, informar ao programa que os pontos possuem coordenadas georreferenciadas. Foram feitos novamente o alinhamento das fotos com precisão alta e assim tivemos maior precisão.

Na etapa 3 geramos a nuvem de pontos densa, modelo digital de elevação (DEM) e mosaico de ortofotos. Neste sentido, ortofotomosaico é a junção de todas as imagens, levando em conta as coordenadas geodésicas, pontos homólogos e ortorretificação das fotos, criando assim uma única imagem com vista perpendicular de qualquer parte da área levantada. Após o processamento as imagens obtiveram as precisões de 2.18 cm no eixo X, 1.56 no eixo Y, 7.38 no eixo Z. Os erros total planimétrico de 2.68 cm e erro total planialtimétrico de 7.86 cm, estão de acordo com o relatório de processamento gerado através do programa de processamento de imagens Agisoft photoscan.

Na etapa 4, o software Agisoftphotoscan gerou os produtos: perfil do terreno, do perímetro, o modelo digital de superfície, modelo digital de terreno e cálculo do volume de resíduos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disposição dos resíduos sólidos realizada diretamente sobre o solo em lixões e aterros controlados sem medidas protetivas constituem fontes de poluição e produz agravos à saúde da população e ao meio ambiente. Essa prática foi proibida e considerada crime ambiental a partir da Lei de Crimes Ambientais (Lei N° 9.605/98) e ratificada com a Lei 12.305/10 (Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS).

A área onde são depositados os resíduos sólidos da cidade de Pedro II foi construída na década de 1980 e está localizada dentro do perímetro urbano, no entanto esses resíduos não recebem quaisquer ações de tratamento ou disposição ambientalmente adequada. Desde o início de suas atividades o lixão da Aroeira como é denominado recebe materiais de natureza diversa que ficam expostos à céu aberto e encontram – se dispostos de maneira desordenada e amontoadas em inúmeras pilhas.

A coleta dos resíduos sólidos do município é realizada por empresa prestadora de serviço que utiliza um caminhão compactador e outros dois caminhões com carroceria aberta. Esse tipo de caminhão necessita de trabalhadores que usam pás para fazer o descarregamento dos resíduos de forma manual. Embora exista cronograma para atender os bairros da cidade é comum a prática de dispersão dos resíduos feita por alguns moradores fora do dia de coleta e em pontos clandestinos da cidade.

Atualmente a área de destinação apresenta vários problemas advindos da ingerência da administração pública municipal de acordo com os itens elencados abaixo:

- ✓ Cerca danificada;
- ✓ Escavações desordenadas;
- ✓ Falta de uma gestão de gases e odores;
- ✓ Inexistência de registro e inspeção dos resíduos recebidos;
- ✓ Os resíduos não estão sendo cobertos com camada de solo;
- ✓ Acesso sem controle de animais domésticos e da fauna nativa;

- ✓ Não há poços de monitoramento da qualidade da água subterrânea;
- ✓ Possível contaminação solo e lençol freático livre pelo chorume não tratado;
- ✓ Prática de atividade agrícola de subsistência sobre solo contaminado;
- ✓ Acesso de pessoas da comunidade para coleta de resíduos recicláveis;
- ✓ Disposição inadequada para os resíduos provenientes de fossas sépticas;
- ✓ Queima descontrolada dos resíduos e combustão espontânea a céu aberto;

A visualização desse cenário em conjunto com a constante dispersão dos resíduos leves como papéis e plásticos pelo vento, além de uma enorme quantidade de aves presentes no local (principalmente urubus e garças) são fatores mencionados por Leite e Lopes (2000) que acarretam aspecto estético desagradável promovendo a desfiguração da paisagem e consequentemente um impacto visual negativo.

As combustões irregulares dos resíduos constitui um problema recorrente que causa transtornos à população e ao meio ambiente principalmente, no período da estiagem devido a significativa quantidade de fumaça, material particulado e gases do efeito estufa que são lançados na atmosfera contribuindo dessa maneira para o agravamento da poluição do ar. Gouveia (2012) menciona que a queima de resíduos liberam substâncias tóxicas que contém metais pesados, compostos orgânicos, dioxinas e furanos que são prejudiciais à saúde.

A falta de cobertura dos resíduos permite a produção de fortes odores que se intensificam durante o período chuvoso, além da proliferação de micro e macro vetores de organismos patogênicos responsáveis pela disseminação de doenças (Costa et al, 2016). Durante as observações de campo foi constatada a presença de cães, aves, porcos, além de catadores realizando a atividade laborativa de garimpagem de materiais recicláveis sem a utilização de equipamentos de proteção individual e portanto, expostos a odores, à ocorrência de acidentes com materiais cortantes e aos mais variados tipos de doenças. A figura 7 ilustra a disposição dos resíduos no município.

Figura 7: Sentido horário: Em A, vista geral do lixão; em B, pessoas e animais disputando os resíduos; em C, primeiro plano, resíduos sólidos recicláveis retirados do lixão, visto em segundo plano; em D, primeiro plano, solo escuro contaminado com resíduos orgânicos, água / chorume, animais. Em segundo plano, atividade agrícola de subsistência sobre solo contaminado



Fonte: acervo do autor

A matriz de interação dos impactos ambientais, relacionada ao meio físico correspondem às características referentes ao solo, relevo, clima, hidrografia entre outros. No que se refere ao meio biótico temos as interações relativas à fauna e a flora e no âmbito antrópico define-se as ações que alteram o meio ambiente e a sociedade conforme mencionado na (Tabela 5).

Tabela 5: Matriz de avaliação qualitativa dos impactos ambientais nos meios físico, biótico e antrópico do lixão de Pedro II – PI

IMPACTOS AMBIENTAIS	CARACTERÍSTICAS																
	Frequência			Extensão		Duração			Sentido		Grau de Impacto			Reversibilidade		Origem	
	T	Pr	C	L	Rg	Cp	Mp	Lp	P	N	B	M	A	Rv	Ir	D	I
MEIO FÍSICO																	
Incremento dos processos erosivos		X		X				X		X			X	X		X	
Compactação do solo		X		X			X			X			X		X		X
Combustão de Resíduos	X			X		X				X			X	X		X	
Emissão de gases de efeito estufa		X			X		X			X			X	X		X	
Emissão de odores	X			X			X			X		X		X		X	
Contaminação do solo			X	X				X		X			X		X	X	
Contaminação do lençol freático		X		X		X				X	X				X	X	
MEIO BIÓTICO																	
Stress da fauna local	X			X		X				X	X			X		X	
Redução da biodiversidade Nativa		X		X				X		X			X			X	
Redução da Capacidade de sustentação da flora			X	X			X			X		X			X	X	
Redução da biota do solo		X		X				X		X			X		X	X	
MEIO ANTRÓPICO																	
Desvalorização imobiliária	X			X			X			X		X		X			X
Desnudamento do solo	X			X			X			X			X	X		X	
Poluição visual	X			X	X			X		X		X		X		X	
Proliferação de Vetores		X		X	X		X	X		X			X	X		X	

LEGENDA: T - Temporário; Pr - Permanente; C - Cíclico; L - Local; R - Regional; Cp - Curto Prazo; Mp - Médio Prazo; Lp - Longo Prazo; P - Positiva; N – Negativa; B - Baixa; M - Médio; A –Alto; Rv - Reversível; Ir - Irreversível; D - Direta; I – Indireta.

Fonte: adaptado de Lima (2004) e Sobral (2007)

Na avaliação de impactos realizada no vazadouro a céu aberto de Pedro II foram identificados sete impactos negativos presentes no meio físico, dos quais o incremento dos processos erosivos, a compactação do solo, a combustão de resíduos, a emissão de gases de efeito estufa e a possível contaminação do solo e lençol freático sinalizam grau de impacto alto com a maior parte desses impactos

sendo considerados com frequência permanente devido aos seus efeitos perdurarem no espaço temporal. Segundo Araújo (2015) em sua avaliação realizada no lixão de Itaporanga – PB as alterações no meio físico incidem na qualidade ambiental do solo, água, ar e promovem a degradação ambiental.

Pode-se entender que a qualidade da água é condicionada pela alteração de suas características através de quaisquer ações ou interferências, sejam naturais ou provocadas pelo homem produz impacto ambiental. Nesse contexto, convém mencionar que em consulta aos laudos de análise da potabilidade da água realizados pela Secretaria de Saúde – 3ª Regional de Saúde – Piripiri no ano de 2018 em 8 poços e 1 reservatório público (chafariz), todos localizados em residências próximas a área de entorno do lixão apresentaram na análise microbiológica presença de coliformes totais, sendo que cinco desses poços além do reservatório público também apresentaram a presença de *Escherichia coli*.

Alves (2016) ao analisar a presença de substâncias no solo do lixão desativado no município de Olho D' água dos Borges – RN concluiu que os solos encontram - se multicontaminados e que a mobilização de metais pesados atua como fonte difusa de contaminação de bacia hidrográfica. Assim, essa prática de disposição facilita o carreamento de substâncias orgânicas e inorgânicas, inclusive metais pesados para o interior do solo contaminando as águas subterrâneas. Dessa forma, embora não tenha sido realizada coleta de água para análise laboratorial de metais pesados, na atual área de disposição foram encontrados vários indícios da presença de chorume, líquido de coloração escura e odor forte resultante da decomposição dos resíduos que apresenta potencial poder de poluição, sugerindo assim, uma possível contaminação.

No meio biótico foram listados o stress da fauna local, a redução da biodiversidade nativa, a redução da capacidade de sustentação da flora e a redução da biota do solo sozinhos ou combinados entre si incidem negativamente nas relações ecológicas e desequilibram o ecossistema. A reversibilidade de alguns impactos do meio biótico segundo Silva et al. (2012) podem ser adquiridas a partir do isolamento da área com a consequente eliminação da ação impactante para a posterior aplicação dos métodos de restauração natural.

Com relação ao meio antrópico observou-se poluição visual através da dispersão dos resíduos mais leves para áreas circunvizinhas somado ao aspecto

visual negativo pela presença de pilhas de resíduos, aves (urubus), vetores de doenças, a retirada da vegetação nativa responsável pelo desnudamento do solo. Assim, o conjunto desses impactos evidenciam a desfiguração da paisagem e a consequente desvalorização dos imóveis localizados próximos ao lixão.

Ao realizar o levantamento aerofotogramétrico foram obtidos produtos cartográficos alinhados com o Padrão de Exatidão Cartográfico – (PEC) classe A na escala 1: 1000. A tabela 6 objetiva comparar os resultados gerados com os tabelados pela PEC.

Tabela 6: Comparação PEC (Tabulado x Calculado)

PEC – PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICO		
	Tabelado (metros)	Calculado (metros)
Erro Padrão (E/N)	0,27	0,0268
Erro Padrão (H)	0,17	0,0738

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados

A qualidade do dado gerado atende as normas de exatidão cartográfica estabelecidos no Brasil de acordo com o Decreto 89.817 de 20 de junho 1984. Embora esse decreto seja utilizado como referência, o mesmo não acompanhou o avanço das tecnologias digitais.

O mapeamento com drone permite a obtenção e um maior detalhamento da superfície do terreno. Rodrigues e Gallardo (2018) no estudo realizado no lixão de Maranguape - CE mencionam que a vantagem na utilização desse método está na significativa quantidade de pontos 3D gerados com o processamento e junção das fotos que compõe o voo da respectiva área. Dessa maneira, é possível a geração de uma projeção planimétrica e altimétrica de alta precisão do terreno através de imagens ortogeoreferenciadas.

A partir das nuvens de pontos (figuras 8, 9, e 10) apresentadas em diferentes perspectivas foi possível a obtenção do Modelo Digital de Elevação – MDE embasado em todas as feições (árvores, edificações entre outros) contidas sobre a superfície.

Assim, neste trabalho as feições foram obtidas principalmente sobre as pilhas de resíduos.

Figura 8: Nuvem de pontos 1 do Lixão de Pedro II- PI



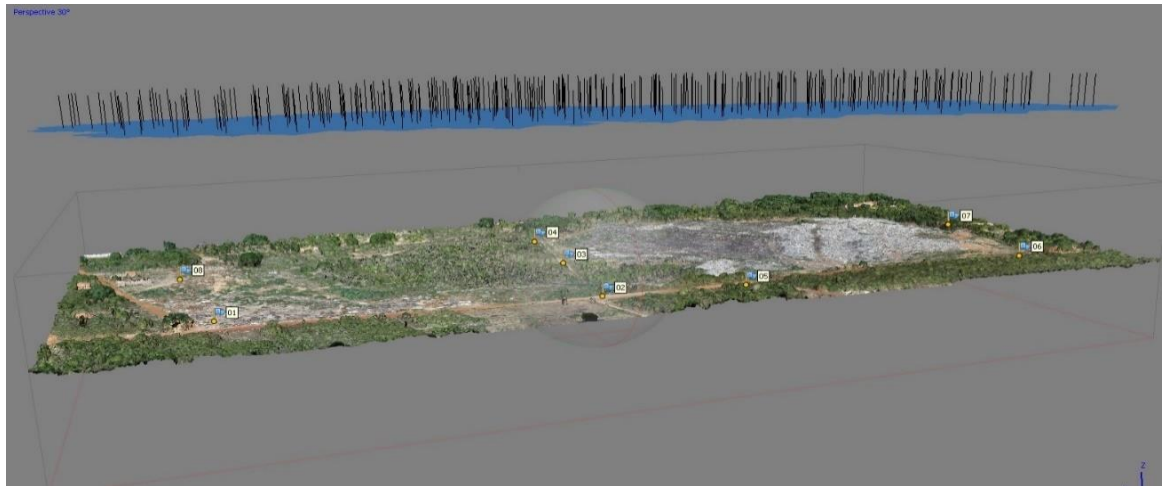
Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam.

Figura 9: Nuvem de pontos 2 do Lixão de Pedro II- PI



Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam

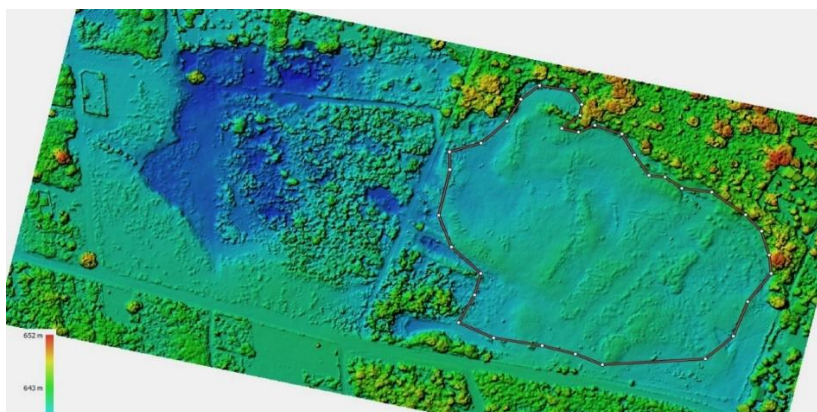
Figura 10: Nuvem de pontos 3 do Lixão de Pedro II- PI com a representação da linha de voo – tomada de fotos executada



Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam.

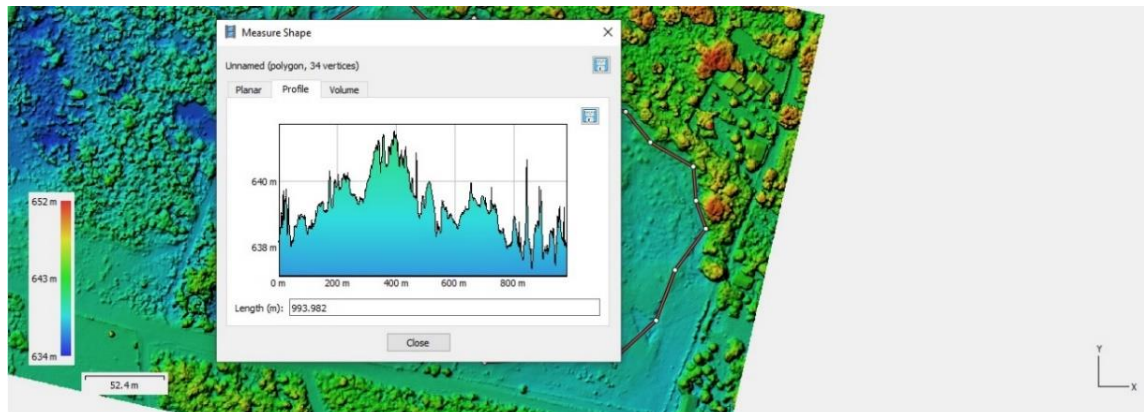
Depois de realizado o processamento das imagens e a etapa da filtragem o Modelo Digital de Elevação - MDE origina formatos como o Modelo Digital de Superfície – MDS e o Modelo Digital de Terreno - MDT. O modelo digital de superfície utiliza um perfil da superfície que permite detalhar todos os objetos acima do solo diferentemente do Modelo Digital de Terreno que fornece os detalhes apenas do terreno. As figuras (de 11 a 15) apresentam o modelo digital de superfície contendo o perfil do perímetro do lixão, perfil da superfície, volume de resíduos, perfil dentro da área do lixão gerado através do MDT, perfil dentro da área do lixão gerado através do MDT e representação altimétrica do perfil respectivamente.

Figura 11: Modelo Digital de Superfície - MDS



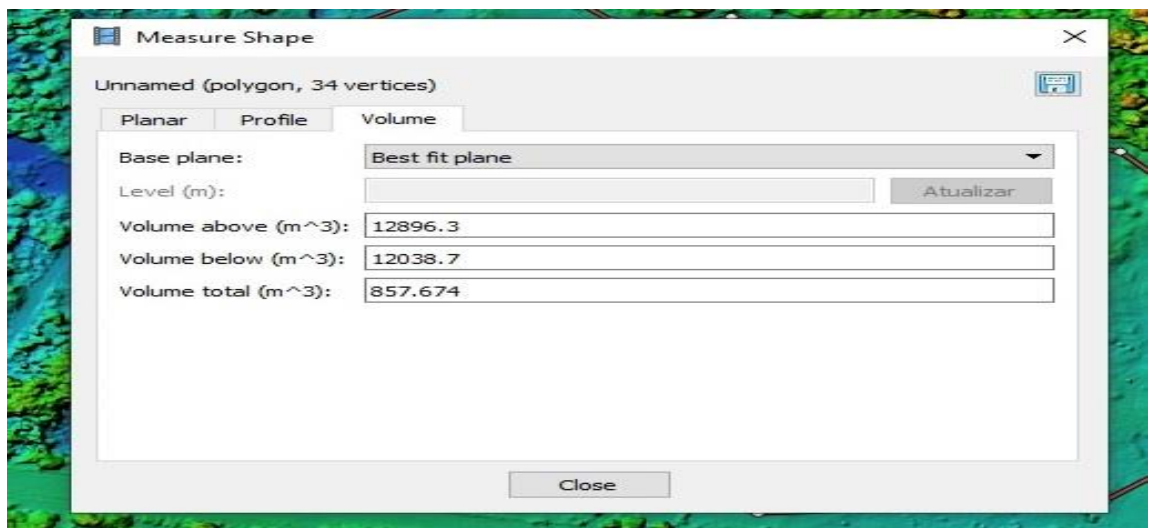
Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam

Figura 12: Perfil da Superfície



Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam

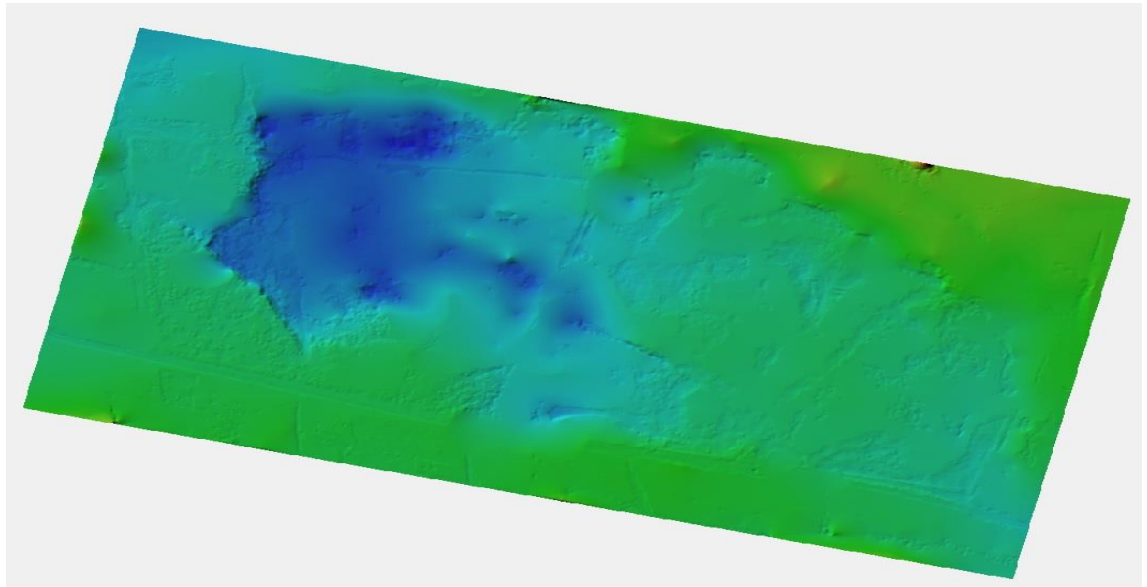
Figura 13: Volume dos resíduos



Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam

A utilização de um drone na quantificação do volume das células de deposição de resíduos auxilia no planejamento da vida útil e na otimização de operação dos aterros dos sanitários. Conforme Obladen et al (2009) o monitoramento constante do fluxo de resíduos nas células é imprescindível para a correta gestão operacional dos resíduos. Outra vantagem que deve ser mencionada é a obtenção de uma base de dados de maneira rápida e eficiente sem restrições quanto ao acesso a determinadas áreas, materiais ou até mesmo situações que representem riscos à segurança e a saúde dos profissionais envolvidos na coleta de dados.

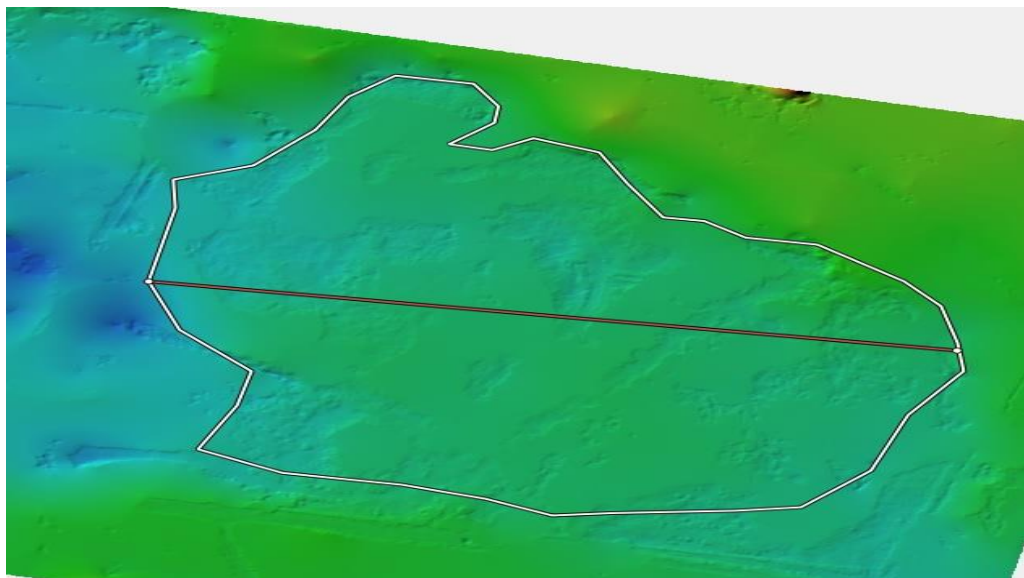
Figura 14: Modelo Digital de Terreno – MDT



Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam

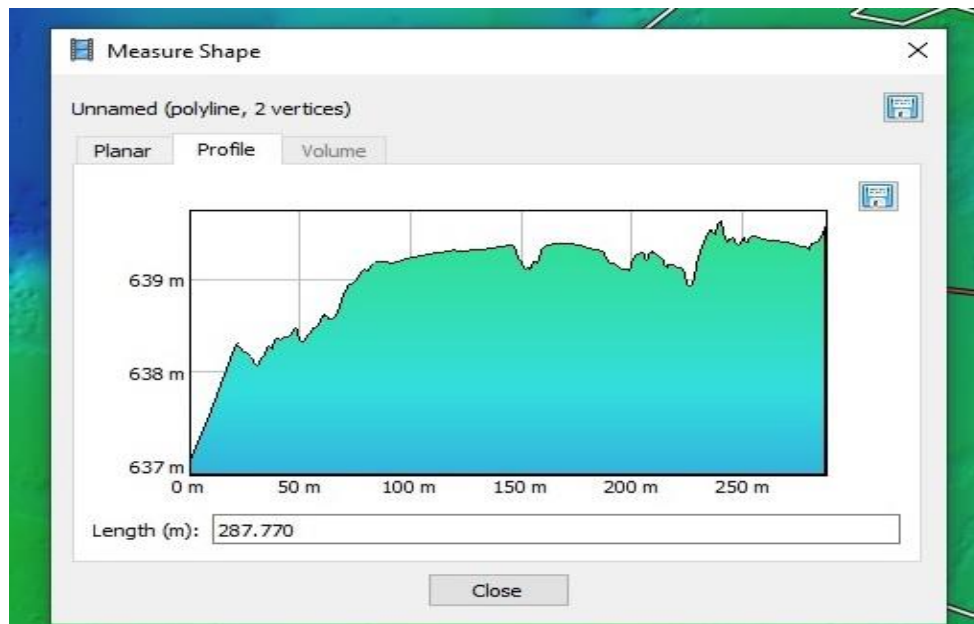
A linha do perfil representado na figura 15 representa as diferenças de nível. É considerado o comportamento altimétrico do terreno naquela linha específica.

Figura 15: Perfil dentro da área do lixão gerado através do MDT



Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam

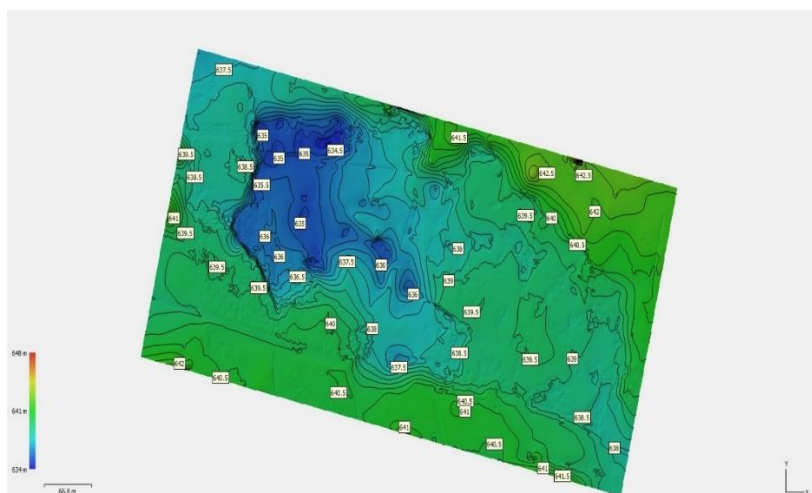
Figura 16: Representação altimétrica do perfil dentro da área do lixão



Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam

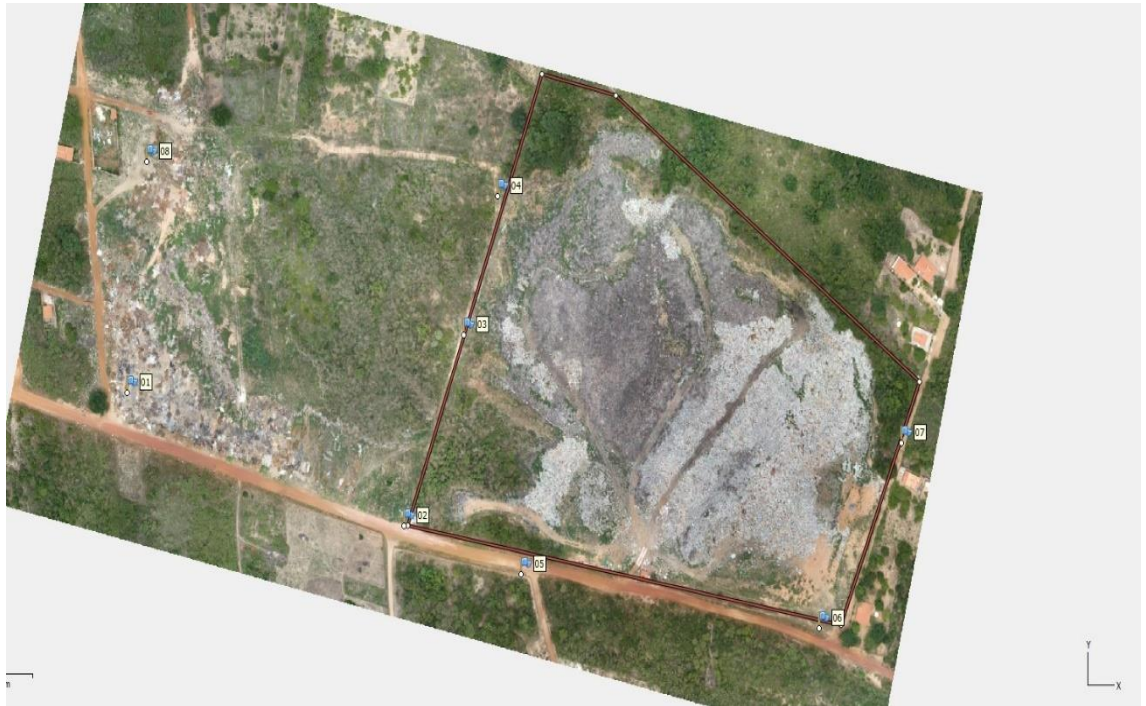
Através do MDT foi possível a geração das curvas de nível que foram sobrepostas sobre a ortofoto que possibilitam saber em um lixão ou aterro sanitário o caminho preferencial de escoamento dos fluidos contaminantes juntamente com a facilidade da identificação visual das feições propensas a essa contaminação. Esse método encontra-se representado nas figuras (17 a 19).

Figura 17: Curvas de nível



Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam

Figura 18: Ortofoto



Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam

Figura 19: Ortofoto com sobreposição de curvas de nível



Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam

Figura 20: Área que os resíduos ocupam



Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados primários coletados e o software Agisoftphotosam

Até agosto 2014 os municípios deveriam ter efetuado o encerramento dos lixões. Segundo Araújo (2015) novas prorrogações foram concedidas para a disposição adequada dos rejeitos, assim as capitais e municípios de região metropolitana terão até 31 de julho de 2018, as cidades entre 50.000 e 100.000 habitantes até 31 de julho de 2020 e cidades com número inferior a 50.000 habitantes até 31 de julho de 2021.

A Lei nº 14.026/2020 estabelece o novo marco do saneamento básico e consolida de acordo com o Portal VG resíduos (2021) a ampliação do prazo de ajustamento da disposição final adequada dos rejeitos. O adiamento do fim dos lixões está condicionado a elaboração do plano de gestão dos resíduos sólidos e disponibilização de mecanismos de cobrança pelos serviços de coleta, transporte e disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Segundo o Portal Vg resíduos (2021) o novo marco do saneamento dispõe:

I - até 2 de agosto de 2021, para capitais de Estados e Municípios integrantes de Região Metropolitana (RM) ou de Região Integrada de Desenvolvimento (Ride) de capitais;

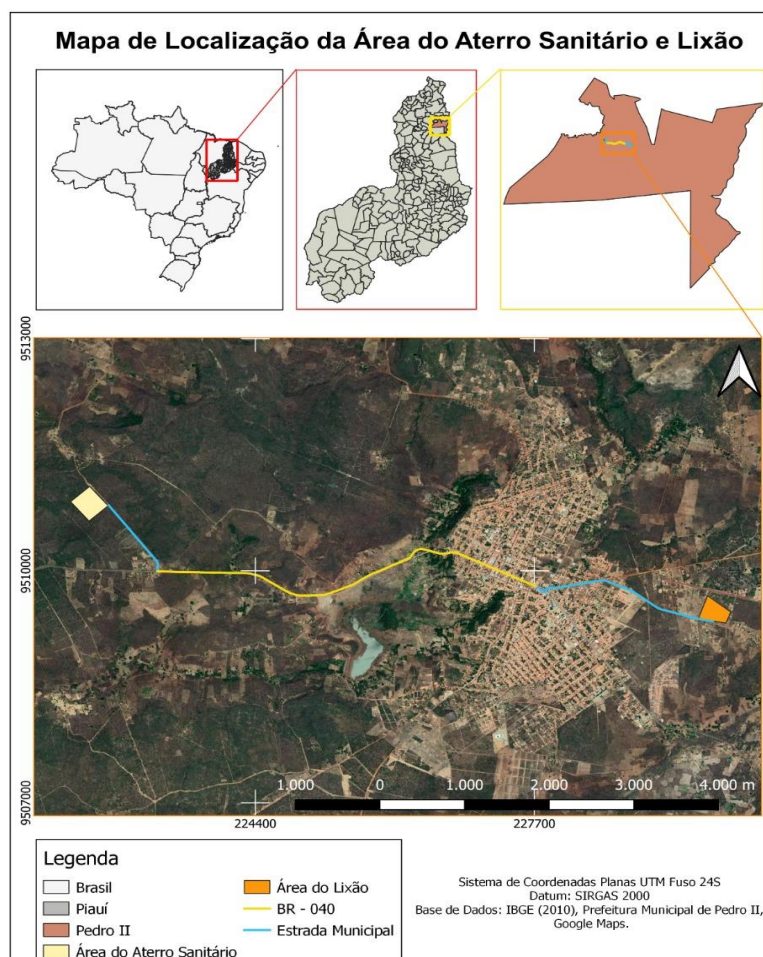
II - até 2 de agosto de 2022, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para Municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com países limítrofes;

III - até 2 de agosto de 2023, para Municípios com população entre 50.000 (cinquenta mil) e 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010; e

IV - até 2 de agosto de 2024, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010. (Vgresíduos, 2021)

Neste sentido, a referida cidade até o presente ano de 2021 não encerrou as atividades no lixão. Em audiência pública realizada na Câmara dos vereadores apresentou proposta para construção do aterro. A figura 21 apresenta mapa de Localização da área de implantação do aterro sanitário e lixão.

Figura 21: - Mapa de Localização da área de implantação do aterro sanitário e lixão.



Fonte: Elaborado pelo autor

Dessa maneira, é considerável a importância ao se escolher uma área para a construção de um aterro sanitário, inter-relacionar os aspectos técnicos com os aspectos sociais e ambientais. A avaliação ambiental para a implantação desse

empreendimento deve levar em conta diversos fatores, tais como: a vulnerabilidade do solo, a proximidade aos centros urbanos, a proximidade de águas superficiais, a profundidade do lençol freático, feições geomorfológicas associada aos aspectos hipsométricos, declividade, uso e ocupação do solo.

A área destinada a construção do aterro sanitário já foi desapropriada pela Administração Municipal conforme o decreto nº 09/2018 e atualmente tramita no Tribunal de Justiça do Piauí – TJPI ação para a reversão da desapropriação proposta pelo proprietário da área. Nessa ação o impetrante alega que o município não adotou as cautelas necessárias exigidas por lei para a construção de um aterro sanitário. De acordo o exposto na contestação o Município de Pedro II viola vários dispositivos legais a começar pela sua própria Lei Municipal.

A escolha e desapropriação da área de implantação do aterro foi executada sem qualquer estudo prévio de impacto ambiental e está localizada próxima a entrada da cidade a uma distância inferior a dez quilômetros da área urbana, contrariando assim os artigos 200 e 43, inciso II da Lei Orgânica Municipal:

Art. 200 -Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público municipal e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

(...)

IV –Exigir na forma de lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

Art 43:O poder Público observará as seguintes diretrizes em relação a coleta de lixo.

(...)

II – A desativação do lixão existente e criação de um aterro sanitário localizado na região sudeste da cidade, numa distância não inferior a 10 (dez) quilômetros, do centro urbano.

Embora o órgão estadual Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR) tenha a prerrogativa de atuar em caráter supletivo, o município não possui órgão habilitado para a concessão da licença ambiental. Além disso, a área escolhida para a implantação do empreendimento está próxima a nascentes que abastecem a comunidade Contendas.

Com relação aos aspectos geológicos a área de construção do aterro encontra-se inserida nos domínios da Bacia Sedimentar do Parnaíba que de acordo com Gomes (1990 e 2002) registram as unidades estratigráficas Grupo Serra Grande datadas do Siluriano e Grupo Canindé. Góes et al (1993), mencionam que o Grupo Serra Grande apresenta arenitos, siltitos, folhelhos, conglomerados e raro diamictitos indivisos, sobrepostos. O Grupo Canindé por sua vez, é constituído pela Formação Pimenteiras, Formação Cabeças e a Formação Longá.

Segundo Gomes (2015), a Formação Pimenteiras que encontra-se depositada em ambiente de plataforma dominada por tempestades é representada pelos folhelhos cinza – escuros e siltitos com cores variadas é essencialmente constituída por arenitos, a Formação Cabeças encontra-se depositada em ambiente periglacial-flúvio-deltaico é em sua essência constituída por arenitos, no que diz respeito a Formação Longá, as camadas de folhelhos e siltitos bioturbados presentes em sua constituição, conforme Santos e Carvalho (2009) são considerados registros de um mar epicontinental com ambiente deposicional que varia de infranerítico a litorâneo. Encaixados nestas formações geológicas sedimentares, as rochas magmáticas ígneas caracterizadas como diabásios, com idade entre 150 e 110 milhões de anos correspondem à Formação Sardinha (ALMEIDA et al, 1988 apud Gomes, 2015).

A base geológica do município de Pedro II conforme estudos da CPRM (2006) está inserida na área de reativação do Lineamento Transbrasiliano que é caracterizada pelos eventos tectônicos ocorridos na bacia sedimentar no período Mesozoico. Segundo Bizzi et (2013) esses eventos propiciaram a ocorrência de intrusão de rochas básicas formando *sills* de diabásio / basalto.

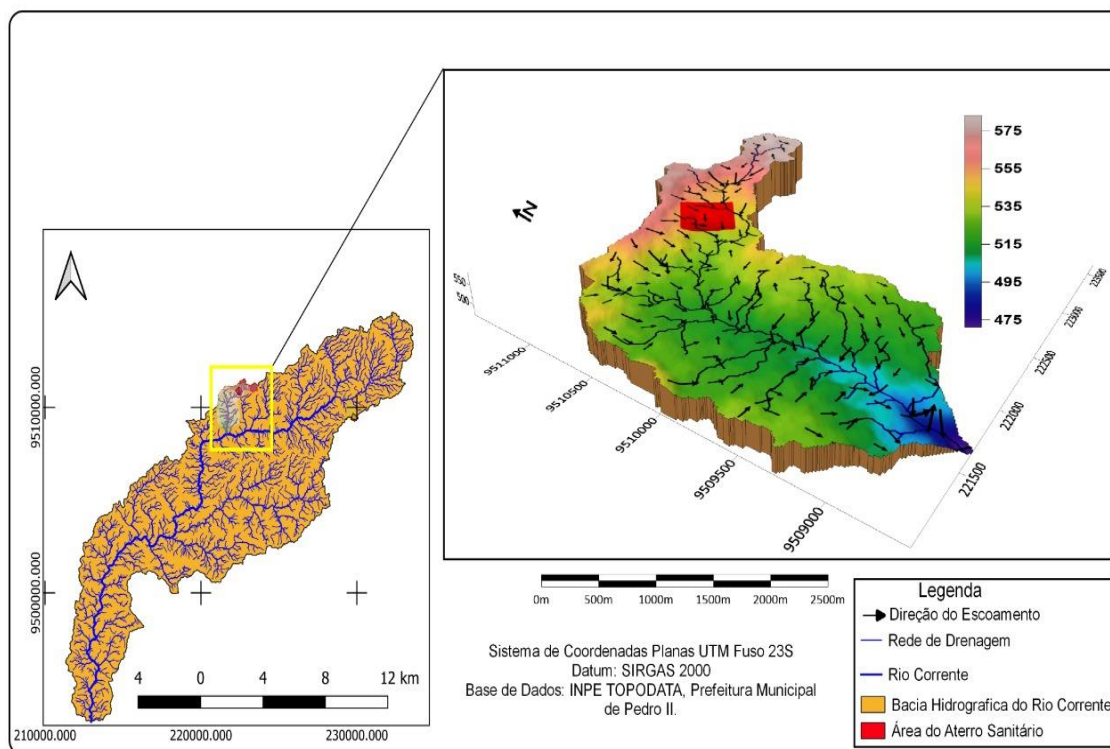
Para Lima e Guerra (2020), a acomodação das rochas intrusivas entre as Formações geológicas Serra Grande e Pimenteiras contribuiu para criar as condições hidrotermais para o desenvolvimento do mineral opala. Segundo Gomes (2015) os arenitos que compõe o Grupo Serra Grande e a Formação Cabeças são porosos e

permeáveis e, portanto, representam os maiores aquíferos da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Considerando os estudos realizados por Gomes (2015) sobre os aspectos hidrológicos do Município de Pedro II podemos inferir que a área de implantação do aterro sanitário localiza-se dentro da bacia hidrográfica do Rio Corrente. Esta por sua vez, é parte integrante da Bacia hidrográfica do Rio Longá que consiste em área de recarga do Aquífero Cabeças. O rio Corrente atravessa a cidade de Pedro II constituindo dessa maneira, a principal fonte de abastecimento da cidade. Em seu alto curso, suas águas foram represadas em um açude denominado Joana construído a jusante do núcleo urbano com capacidade de armazenamento de 10.670 m³. Já a localidade Terra Dura situada a nordeste da cidade abriga a sua nascente geográfica e sua foz se encontra na margem direita do Rio Longá, na zona rural do município de Boa Hora. A sua extensão é de 162,49 Km e sua bacia ocupa uma área de 1.586,57 Km².

Ainda conforme Gomes (2015) intervenções foram realizadas pela concessionária estadual de Águas e Esgotos do Piauí S. A – AGESPISA através da construção de reservatórios para o armazenamento e captação de água na década de 70, perfuração de poços na década de 80 e construção do açude Joana em 1996. Assim, suas principais nascentes são: Pirapora, Bananeira e Buritizinho. Para o estudo aqui realizado, a nascente da Bananeira possui significativa importância pelo fato de se localizar na entrada da cidade e estar próxima a nascentes da Comunidade Contendas. Nesse sentido, a nascente da Bananeira está nas proximidades do Açude Joana tendo a montante, a zona urbana da cidade de Pedro II, a qual foi edificada sobre os arenitos da Formação Cabeças e segundo o autor mencionado anteriormente, essa nascente apresenta grande descaracterização e antropização de sua Área de Preservação Permanente, com construções residenciais a norte e a oeste e a surgência da água de captação juntamente com o seu percurso ocorrendo por debaixo do calçamento. A figura 19 apresenta a localização do aterro na Bacia do Rio Corrente.

Figura 22: Localização do aterro na Bacia Hidrográfica do Rio Corrente



Fonte: Elaborado pelo autor

No que se refere a Comunidade Contendas, esta abriga duas nascentes que abastecem a comunidade e está situada a 300m do local de implantação do aterro. De acordo com os critérios estabelecidos na ABNT NBR 13896/2007 a distância mínima dos núcleos populacionais deve ser de 500m, portanto a distância da Comunidade Contendas não enquadra-se nesse critério. Próximos a essa área, já existem dois empreendimentos causadores de impactos como a Estação de Tratamento de Efluentes Públicos e o Matadouro Público Municipal, além disso, é considerado pelo Plano Diretor da cidade como área propensa a expansão em curto prazo.

A proteção do meio ambiente é um dos pilares da Constituição Federal de 1988. Fundamentado no artigo 158 da carta magna, os Estados instituíram que gestores municipais enquadrados nos requisitos exigidos invistam o ICMS ecológico nas áreas de meio ambiente e saneamento básico. Essa modalidade de ICMS consiste em uma distribuição de recursos públicos de origem tributária que contemplam com maior repasse de receita as cidades que promovem ações nas áreas de meio ambiente e saneamento.

As regras são rígidas para conseguir o ICMS ecológico. Para que o município seja contemplado é necessário ter leis específicas para o gerenciamento dos resíduos sólidos, educação ambiental, redução do desmatamento, redução do risco de queimadas ou conservação do solo em áreas de biodiversidade traduzida na forma de uma legislação ambiental adequada e com um órgão responsável pela gestão do meio ambiente que regule de acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente.

No Piauí, a lei foi criada pela deputada estadual Lilian Martins e em 2011 uma lei federal deixou bem claro as competências de cada entidade da federação. Ressalta-se que todas as ações previstas no ICMS ecológico já obrigam que os municípios as cumpram. A habilitação do processo é realizada junto à Secretaria do Meio Ambiente e ao Tribunal de Contas do Estado – TCE. Os selos estão categorizados em A (6 critérios), B (4 critérios) e C (3 critérios) e representam um valor pecuniário em percentual que o município irá receber.

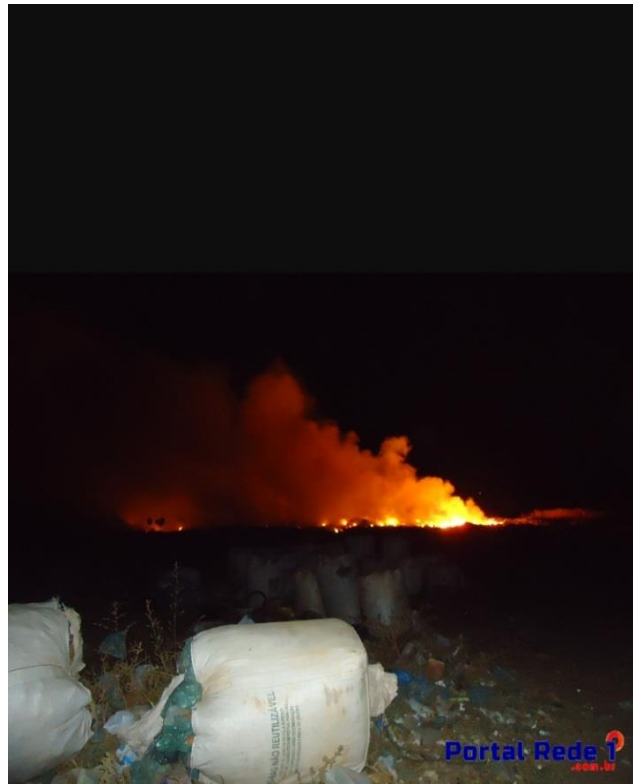
O município de Pedro II no ano de 2019 foi contemplado com o selo ambiental de categoria C, algo controverso quando consideramos toda a problemática dos resíduos sólidos vivenciada por seus habitantes, constatada nessa pesquisa e repercutida nos mais diversos meios de comunicação há vários anos conforme figuras 23, 24 e 25. Nos anos seguintes, o município perdeu posições no processo de obtenção do selo ambiental por não conseguir cumprir o mínimo de critérios exigidos.

Figura 23: Incêndio no Lixão de Pedro II



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Figura 24: Incêndio no Lixão de Pedro II



Fonte: Portal Rede 1(2018)

Figura 25: Incêndio no Lixão de Pedro II



Fonte: Tv Clube (2019)

As imagens 23, 24 e 25 evidenciam que as combustões (espontâneas ou provocadas) são recorrentes e expõem a população a agravos como a exposição à fumaça e ao material particulado advindos das combustões que encobrem parte da cidade promovendo assim, não somente a degradação ambiental, mas também, a degradação nos âmbitos social e econômico de todos que vivem próximos a essa área de disposição de resíduos inadequada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de drone vinculado às técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto associado ao receptor geodésico proporcionam a geração de uma considerável quantidade de dados que fornecem subsídios necessários para o planejamento de ações que visam auxiliar a minimização dos impactos da área de estudo em questão.

Os resultados obtidos pelo levantamento aerofotogramétrico realizado por drone apresentou dados de alta qualidade e precisão que foram adquiridos de modo rápido e com baixo custo operacional quando comparado ao levantamento topográfico convencional. Dessa maneira, o seu uso demonstrou ser uma promissora ferramenta, uma metodologia em análises, auditorias e monitoramentos ambientais.

O diagnóstico ambiental realizado através do método avaliativo matricial, apontou impactos ambientais como o incremento nos processos erosivos, contaminação do solo e do lençol freático, emissão de gases do efeito estufa, entre outros. Evidencia-se que o vazadouro a céu aberto do município de Pedro II apresenta degradação alta e, portanto, representa agravos a salubridade dos parâmetros ambientais e consequentemente, a saúde pública.

Com relação aos dois métodos de pesquisa empregados, é importante ressaltar que o intuito do levantamento aerofotogramétrico é de complementar a análise matricial realizada através de análises visuais mais apuradas gerados pelos produtos cartográficos.

Existe um distanciamento dos gestores públicos municipais em relação à obediência dos preceitos legais presentes em normas e legislação nacional vigente para a minimizar as ações que degradam o meio ambiente. Esse distanciamento do gestor municipal foi observado não somente pela pesquisa de campo, mas também, através da análise documental contida no processo que tramita no Tribunal de Justiça do Piauí, na planta estrutural de implantação do aterro que está rotulado como aterro controlado entre outras ações. Neste sentido, esta pesquisa permitiu constatar que a presença do vazadouro a céu aberto evidencia a falta de manejo adequado e políticas públicas referentes ao gerenciamento dos resíduos.

Portanto, é necessário que o poder público municipal adote procedimentos concernentes para a implantação de aterro sanitário conforme dispositivos legais estabelecidos na Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), assim como, medidas mitigadoras para atenuar a magnitude e a abrangência dos impactos ambientais apontados nessa pesquisa.

No âmbito da sociedade civil a implantação de programas de sensibilização para todos os segmentos em relação a adoção de práticas de consumo sustentáveis, tratamento e disposição adequada de resíduos sólidos pode viabilizar a mudança no comportamento através da promoção da Educação Ambiental.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10004:2004: Classificação dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro, 2004. ABNT– Associação brasileira de normas técnicas.

Associação Brasileira de Normas Técnicas **ABNT NBR 10005:2004: Procedimento para Obtenção de Extrato Lixiviado de Resíduos Sólidos**, Rio de Janeiro, 2004.

Associação brasileira de normas técnicas. **ABNT NBR 10006:2004: Procedimento para Obtenção de Extrato Solubilizado de Resíduos Sólidos**, Rio de Janeiro, 2004.

Associação brasileira de normas técnicas. **ABNT NBR 10007:2004: Amostragem de Resíduos Sólidos**, Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 8419/1992: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 13896/1997: Aterros sanitários de resíduos não perigosos– Procedimento**. Rio de Janeiro, 1997.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15113/2004. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes– Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15515-1 Primeira edição 10.12.2007 Valida a partir de 10.01.2008 Versão corrigida 05.04.2011 Passivo ambiental em solo e água subterrânea**. Procedimento. Rio de Janeiro, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15515-2 Passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 2**. Procedimento. Rio de Janeiro, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15515-3 Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 3 — Investigação detalhada**. Procedimento. Rio de Janeiro, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15.849/2010: Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento**. 24 pgs. 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 6484/2010 – Solo – Sondagens de simples reconhecimentos com SPT – Método de ensaio. Segunda Versão em 28.10.2020**.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 01 abr. 2021.

ALMEIDA, S. N. R. **Aplicação de Geoprocessamento na Identificação de Áreas para Implantação de Aterro Sanitário no Município de Pombal – PB**. Pombal. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistema Agroindustriais) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu. Universidade Federal de Campina Grande. Pombal-PB, 2016.

ALVES, G. O. **Degradação do Solo em Área de Disposição Irregular de Resíduos Sólidos no Semiárido Tropical**. 2016. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN, 2016.

ARAÚJO, T. B. **Avaliação de impactos ambientais em um lixão inativo no Município de Itaporanga-PB**. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba, 2015. (Monografia BARROS, R. M. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.

BARROS, R. M. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.

BERTALANFFY, L. **Modern theories of development: an introduction to theoretical biology**. London: Oxford University Press, 1933.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. São Paulo: Instituto de Geografia, 1971.

BERTRAND, G.; TRICART, J. **Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, tome 39, fascicule 3, p. 249-272, 1968. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/rgpso_0035-3221_1968_num_39_3_4553. Acesso em: 21 set. 2019.

BIDONE, F. R.A; POVINELLI, J. (2010). **Conceitos básicos de resíduos Sólidos**. Projeto REENGE, Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos. 109 p.

BIZZI, L. A; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H (Ed.) **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Texto, Mapas e SIG**. Brasília: CPRM, 2003.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Classificação Climática de Wladimir Köppen**. Reimpressão. Rio de Janeiro. Serv. de Publicação, 1976.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Lei nº 9.605 (**Lei da Natureza: lei dos crimes ambientais**), de 12 de janeiro de 1998. In: Diário Oficial da União. Distrito Federal, 1998.

BRASIL. Decreto-Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília-DF: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: março/2021.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 DE Julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados, Brasília, DF, jul 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em 10 out. 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 26 mar. 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente **Resolução nº 237/1997** - Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Publicada no DOU nº 247, de 22 de dezembro de 1997, Seção 1, 9 pgs. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237> acesso em junho/2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente **Resolução nº404 de 11de novembro de 2008.** Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=404> acesso em junho/2021.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Mapa Geológico do Estado do Piauí, 1: 1.000.000.** Teresina: CPRM/Governo do estado do Piauí, 2006.

CETESB - Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo (São Paulo) **Aterro Sanitário.** 2013. Disponível em: cetesb.sp.gov.br/mudancasclimaticas/biogas/Aterro%20Sanit%C3%A1rio/21Aterro%20Sanit%C3%A1rio. Acesso em: 20 set. 2020.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM - CEMPRES. Disponível em: < <http://www.cempre.org.br/2002> > Acesso em: 22 junho. 2021.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM - CEMPRES. **Pesquisa CICLOSOFT 2010**. São Paulo, 2010. Disponível em: < <http://www.cempre.org.br/2010> > Acesso em: 21 junho. 2021.

COELHO, R. C; SILVA, R. L; COSTA, R. S. S. **Mapeamento topográfico com a utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) e topografia convencional**. 2017 . Disponível em: <http://unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/engenhariaciviletecnologia/sumario/52/14052018175347.pdf>. Acesso em 20/04/21.

COELHO FILHO, L. C. T; SILVA, J. L. N. B. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2007. 196 p.

COSTA, Tâncio. Gutier. Ailan.; IWATA, Bruna. Freitas.; CASTRO, Camila . Portela.; COELHO, Juliana. Vogado.; CLEMENTINO, Gleide. Ellen. Santos.; CUNHA, Laécio. Miranda. Impactos ambientais de lixo a céu aberto no Município de Cristalândia, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 4, p. 79-86, 2016. [https://doi.org/ 10.21438/rbgas.030408](https://doi.org/10.21438/rbgas.030408)

DJI: Phantom 4 Pro. Disponível em: [https://www.dji.com/phantom-4 Pro](https://www.dji.com/phantom-4-Pro). Acesso em 20 de março, 2020.

DOLFUSS, O. **Análise Geográfica**. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1973.

DOLFUSS, Oliver. **O espaço geográfico**. Tradução Heloysa de Lima Dantas. 3ª ed. Rio de Janeiro: Difel, 1978.

FERNANDES, J. U. J. **Lixo. Limpeza pública urbana; gestão de resíduos sólidos sob o enfoque do direito administrativo**. Belo Horizonte: Del Rey, 2001.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo. Oficina de Textos, 2013.

GEOPORTAL UFJF. **Funcionamento dos aterros sanitários**. Disponível em :<<https://www.geoportalufjf.com/post-unico/funcionamento-de-aterros-sanit%C3%A1rios>> acesso em: junho, 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6 ed. São Paulo: Atlas 2010.

GÓES, A. M. de O.; SOUZA, J. M. P. de TEIXEIRA, L. B. (1990). **Estágio exploratório e perspectivas petrolíferas da Bacia do Parnaíba**. Bol. Geoc. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, 4(1): 55-64.

GOMES, E. R. **Contribuição à mineralogia, geoquímica e gênese das opalas de Pedro II, Piauí.** Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Trabalho de conclusão de Curso, TCC. 1990, 94p.

GOMES, É. R. **Diagnóstico e avaliação ambiental das nascentes da Serra dos Matões, município de Pedro II, Piauí** / Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. IGCE - Rio Claro, 210 f., 2015.

GOMES, E. R.; CORTEZ, A. T. C. **Gênese das nascentes encontradas no entorno da Serra dos Matões, Pedro II, Piauí.** In: 47º Congresso Brasileiro de Geologia. Salvador – BA, 2014

GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social.** Ciênc. saúde coletiva [online], v. 17, n. 6, p. 1503-1510. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600014>

GORAYEB, Adryane; PEREIRA, Luci. C.C. **Análise integrada das paisagens de Bacias Hidrográficas na Amazônia Oriental** / Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 108 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dado Populacional do Brasil de 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010.** Rio de Janeiro: RJ: IBGE, 2010. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2020.

KAPUSTA, S. C; RODRIGUEZ Maria T. M. R. **Análise de impacto ambiental.** Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2009. 69 p.

KUERTEN, I. S. **Seleção de Áreas para Instalação de Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos Classe II A no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil.** Porto Alegre, 2018. 170 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre -RS, 2018.

LEITE, V. D. & LOPES, W. S. **Avaliação dos aspectos sociais, econômicos e ambientais causados pelo lixão da cidade de Campina Grande - PB.** In: IX Simpósio Luso - Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Seguro - Brasil, 2000, p. 1534-1540.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. **A procedure for evaluating environmental impact.** Washington: United States Department of the Interior, Geological Survey, 1971. (Geological Survey Circular, 645). Disponível em: <[http://eps.berkeley.edu/people/lunaleopold/\(118\)AProcedureforEvaluatingEnvironmentalImpact.pdf](http://eps.berkeley.edu/people/lunaleopold/(118)AProcedureforEvaluatingEnvironmentalImpact.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2019.

LIMA, S. F. **Topografia.** Manaus: IFAM, UFRN, e -Tec Brasil, 2012.

LIMA, I. M. F.; GUERRA, A. J. T. Ambiente Montanhoso e Turismo em Pedro II, Piauí. Geosul, Florianópolis, v.35, n 74, p.518 – 538, jan/abr. 2020.

MACHADO, G. B. **Tratamento de lixo com tecnologia de Plasma.** In: Portal de Resíduos Sólidos. Artigo publicado em 11/06/2013. Disponível em: <http://www.portalresiduossolidos.com/tratamento-de-lixo-com-tecnologia-de-plasma/> Acesso em agosto de 2021.

MARRA, A.B. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil e em Portugal: análise dos planos de resíduos sólidos e da disposição ambientalmente adequada.** Porto Alegre, 2016. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre -RS, 2016.

MÜLLER, L. N. P. S.; ARRUDA, J. B. F.; ALCANTARA, R. L. C.; PEREIRA, R. L. Uma análise multicritério de alternativas para o tratamento de resíduos sólidos urbanos do município de Juazeiro do Norte no Ceará. **Engenharia Sanitária e Ambiental.** v. 26, n. 1, p. 159-170, 2021. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220190143>

OBLADEN, N. L; OBLADEN, N. T. R; BARROS, K. R. **Guia para a elaboração de projetos de aterros sanitários para resíduos sólidos urbanos: Pólo Paraná.** Curitiba: CREA, 2009. (Série de publicações temáticas do CREA- PR)

OLIVEIRA, R. M. M. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos: o programa de coleta seletiva da região metropolitana de Belém- PA.** 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano) – Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade da Amazônia. Belém-PA, 2012.

PEREIRA NETO, J. T. **Gerenciamento do lixo urbano: aspectos técnicos e operacionais.** Viçosa – MG: Ed. UFV, 2007.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental.** 2ª edição, Barueri: Manole, 2014.

PRS; Portal dos Resíduos Sólidos. **O que é um aterro sanitário?** Disponível <https://portalresiduossolidos.com/gestao-e-gerenciamento/> acesso em: junho, 2021.

PRUDKIN, G.; BREUNIG, F. **Drones e ciência: teoria e aplicações tecnológicas.** FACOS-UFSM, 2019.

ROCHA, P. V. S. **Análise Da Gestão De Resíduos Sólidos Urbanos No Cariri Ocidental Da Paraíba.** 2021. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia. Natal, 2021.

RODRIGUES, D. A; GALLARDO, A. L. C.F. **Vantagens da aerofotogrametria por drone no litoral paranaense: Estudo de caso Consórcio Intermunicipal Aterro Sanitário.** Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). UFPR, Curitiba. 2002.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2ª ed, 2013.

SANTOS, M., **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. - 4. ed. 2. reimpr. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. - (Coleção Milton Santos; 1). 259 p. 2006.

SANTOS, M., **Metamorfoses do espaço habitado**. - 6. ed. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. - (Coleção Milton Santos; 1). 136 p. 2008.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SANTOS, M. E. de C. M.; CARVALHO, M. S. S. **Paleontologia das Bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís: Reconstituições Paleobiológicas**. 2ª ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2009. 194p

SENA, Núbia. A; SOUSA, Igor de C; SOUSA Juliana G; ALMEIDA, Karoline de S; SILVA, Marcos P. **Sensoriamento remoto como ferramenta de monitoramento de resíduos sólidos urbanos**. Anais do 3º Congresso Sul – Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, 2020.

SILVA, Karine Trajano. **Projeto de um Aterro Sanitário de Pequeno Porte**. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016. IV, 81 p.

SILVA, César. A et al. **Uso de drones para estimar o volume de resíduos sólidos aparentes e diagnosticar as condições ambientais de um aterro sanitário no litoral do estado do Paraná – Brasil**. Revista Técnico-Científica do CREA-PR - ISSN 2358-5420 - 25ª edição – Janeiro de 2021 - página 1 -14.

SILVA, C.A; DUARTE, C.R; SABADIA, J.A.B; SOUTO. M. V. S. **Drone na Auditoria Ambiental: Potencialidades e Aplicações**. Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ. Vol. 41 – 3 /2018 . p. 207- 215.

SILVA, S. A. F.; ARAGAO, M. H. S.; Silva, G. A. B.; Silva, T. S.; Almeida, M. M.; Souza, N. C. **Caracterização de impactos ambientais causados por um vazadouro na Cidade de Mogei-ro-PB**. Anais do I Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia da UEPB, v. 1, n. 1, 2012.

SILVAS, F.P.C.; ESPINOSA, D. C. R. Controle Ambiental de Resíduos. In: PHILIPPI Jr, A.; ROMÉRO, M. de A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**, Barueri, SP: Manole, 2014. 2ª ed. (Coleção ambiental;13).

SIQUEIRA, L. N. **Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos**. In: Aspectos relevantes da Política Nacional de Resíduos Sólidos. São Paulo: Atlas, 2013.

SOARES, G. J. C. **Inventário de Teses e Dissertações sobre o Tema Aterro Sanitário**. 2014. 48 f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Goiás. 2014.

SOBRAL et al., **Avaliação dos impactos ambientais no parque nacional serra de Itabaiana SE**. Caminhos de geografia. v. 8, nº 24 p. 102 - 110 ,2007.

SOUTO, G.D´A.B; POVINELLI. J. Resíduos Sólidos In: CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi G. Fernandes(Orgs) **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. P. 565 – 588.

SOUSA, F.W.A.et al. **Interpretação da Paisagem do Semiárido Piauiense: Prática de Campo no Município de Prata do Piauí e na Cidade de Pedras**. Revista Geociências, Nordeste, Caicó, v.6, n.2, (Jul-Dez) p. 73-82, 2020.

SOUZA, E. A.; SALDANHA, H. G. A. C.; MELO, W. F.; RODRIGUES, L. M. S.; OLIVEIRA, L. J. M.; MEDEIROS, A. C. A Política Nacional de Resíduos Sólidos: um panorama entre as regiões brasileiras. **Informativo Técnico do Semiárido**, v. 9, n. 2, p 37 – 50, 2015.

SOTCHAVA, V.B. **O estudo dos geossistemas**. Métodos em Questão, São Paulo, n. 16I, 1TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TOMMASELLI, A. M. G. Introdução In: Fotogrametria Básica. Santa Catarina. UDESC, 2009. P. 1-14.

VGRESÍDUOS. **A gestão dos resíduos com o novo marco do saneamento**. 2021 Disponível em:<https://www.vgresiduos.com.br/blog/a-gestao-de-residuos-com-o-novo-marco-do-saneamento/> . Acesso em: 18/03/2021.

VIANA, A. I. G.; NUNES, H K. de B.; SILVA, J. F. de A.; CABRAL, L. J. R. S.; AQUINO, C. M. S. **Análise geoambiental em atividade de campo no Nordeste Setentrional brasileiro: estudo de caso nos estados do Piauí e Ceará**. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.10, n. 2, p. 597-609, 2017.

VIEIRA, B. F.; ARAÚJO, J. C.; TEIXEIRA, M. C.; PEREIRA, J. C. S. Uma revisão sobre: tratamento biológico de drenagem de mina – cenário atualizado, perspectivas de recomendações, de futuros trabalhos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 26, n. 1, p. 69-76, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-415220190123>

ZANETI, I. C. B. B. **A Educação Ambiental como instrumento de mudança na concepção de gestão dos resíduos sólidos domiciliares e na preservação do meio ambiente**, 2002. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro1/gt/sociedade_do_conheciment o/Zaneti%20-%20Mourao.pdf>. Acesso em 24/04/2021.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Cartilha de Educação Ambiental



Cartilha de

Educação Ambiental

Autores

Liliane Hanna Georges (MAPEPROF)
Érico Rodrigues Gomes (MAPEPROF)



Teresina - 2021

APRESENTAÇÃO

O que é lixo? Como o lixo pode afetar o solo, o ar, a água e a saúde da população? Como lidar com essa problemática da sociedade moderna? De quem é a responsabilidade? Iremos discutir dúvidas como essas e outras através desta cartilha, a partir da consulta a inúmeras fontes especializadas no assunto, com a colaboração direta de professores e alunos que se preocupam e compreendem a questão dos impactos dos resíduos sólidos no meio ambiente.

Com tamanhos impactos ao meio ambiente diretamente gerados pelo lixo humano, a natureza tem sofrido danos severos em escala global, pois o lixo está presente nos oceanos onde percorre milhares de quilômetros boiando e afetando a vida marinha, também afetando os lençóis freáticos que abastecem nossas cidades com água, todavia resultando também em agravos à saúde humana. Porém, antes mesmo dos resíduos gerados pelo lixo chegarem aos lençóis freáticos eles entram em contato direto com o solo poluindo o mesmo e prejudicando a agricultura local e o ecossistema, ficando exposto a céu aberto e sofrendo efeitos adversos como a queima, pode liberar gases nocivos e altamente poluentes, assim, afetando também, diretamente a saúde humana e o ecossistema, local e os que se encontram próximos por conta do ar ser um meio mais abrangente para espalhar gases nocivos.

Neste sentido, os alunos e professores do grupo Lixões e a saúde em rede, do Instituto Federal de Educação e Ciências do Piauí, através da disciplina de Projeto Integrador III em parceria com o Programa de Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial da mesma instituição, elaboraram esta cartilha, com o intuito de orientar e sensibilizar os estudantes e outros segmentos da sociedade em relação à temática ambiental, para que todos saibam como descartar corretamente o lixo que geram, assim tentando reduzir os impactos que o mesmo gera ao meio ambiente e ao ser humano.

LIXO, RESÍDUOS E REJEITOS. Qual é a DIFERENÇA?

Lixo é definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como atividades humanas, consideradas geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis”. Preferimos utilizar a palavra lixo para caracterizar os materiais que não queremos mais e consideramos sem utilidade, nocivos, imprestáveis e sem valor econômico.

Resíduos é o termo correto utilizado para designar os materiais, substâncias, bens ou objetos descartados resultantes das atividades humanas em sociedade e que podem ser reaproveitados, reutilizados ou reciclados. Papéis, plásticos, metais e vidros são exemplos de resíduos utilizados como matéria prima em outros processos produtivos na indústria.

Rejeito é quando todas as possibilidades de reaproveitamento ou reciclagem foram esgotadas e quando não houver solução final para o material ou parte dele. Assim, o rejeito deve ser encaminhado ao aterro sanitário para ter uma disposição final ambientalmente adequada.



Fonte: <https://br.freepik.com/>

TIPOS DE RESÍDUOS

Existem várias formas para a classificação dos resíduos sólidos:

Natureza física: seco ou molhado

Composição química: matéria orgânica ou inorgânica

Fonte geradora:

- **Resíduos urbanos:** são resíduos originários de atividades domésticas em residências urbanas, somados aos resíduos provenientes de limpeza pública urbana.
- **Resíduos de serviços de saúde:** são gerados em hospitais, clínicas em geral, laboratórios, farmácias e outros. A grande diversidade na geração dos resíduos de serviços de saúde resulta em diferentes graus de periculosidade e patogenicidade. É imprescindível atenção especial para a separação e o manuseio desse tipo de resíduo.
- **Resíduos de serviços de transporte:** são originários de portos, aeroportos, terminais rodoviários, ferroviários, alfandegários entre outros. O fluxo de pessoas e cargas representa um potencial risco de transmissão de doenças e por essa razão, o setor é regulado por medidas sanitárias principalmente, em casos emergenciais que visem à preservação da saúde pública.
- **Resíduos agrícolas:** são aqueles gerados nas atividades de agropecuária e silvicultura. São constituídos por embalagens de adubos, rações, defensivos agrícolas, restos de colheita, esterco animal entre outros. As embalagens de agroquímicos apresentam elevada periculosidade.
- **Resíduos radioativos:** são materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear- CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista.
- **Resíduos da construção civil:** são provenientes das atividades de construções, reformas, demolições, escavações entre outros. São constituídos por restos de madeira, concreto, tijolos, telhas, ferragens, metais entre outros.

E OS RESÍDUOS PERIGOSOS?

A NBR10004/2004 aponta ser necessária a classificação dos resíduos sólidos, a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e, também a de seus constituintes. Portanto, essa norma classifica os resíduos da seguinte maneira:

- **Resíduos Perigosos (Classe I)**
- **Resíduos Não Perigosos (Classe II): não inertes (classe II A) e inertes (classe II B)**

De acordo com a norma técnica NBR10004/2004 os resíduos perigosos são aqueles considerados nocivos à saúde pública e ao meio ambiente devido às características: inflamabilidade (pegam fogo com facilidade), corrosividade (destroem outros materiais), reatividade (reagem com outras substâncias), toxicidade (são venenosos), patogenicidade (provocam doenças), carcinogenicidade (provocam câncer), teratogenicidade (causam anomalias) e mutagenicidade (causam mutações).

Dentre os exemplos de resíduos perigosos estão as pilhas e baterias em geral, lâmpadas fluorescentes, óleos combustíveis, resíduos químicos, resíduos dos serviços de saúde, chumbo, mercúrio, prata. Veja abaixo a tabela 1 referente a padronização de cores do Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA) - Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril 2001

IDENTIFICANDO OS RESÍDUOS ATRAVÉS DAS CORES		
	AZUL	Papel/papelão
	VERMELHO	Plástico
	VERDE	Vidro
	AMARELO	Metal
	PRETO	Madeira
	LARANJA	Resíduos perigosos
	BRANCO	Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde
	ROXO	Resíduos radioativos
	MARROM	Resíduos orgânicos
	CINZA	Resíduos não recicláveis misturados ou contaminados não passíveis de separação.

Fonte: o autor (2021)

TEMPO DE DECOMPOSIÇÃO DE ALGUNS RESÍDUOS

PAPEL	De 3 a 6 meses
TECIDO	De 6 meses a 1 ano
FILTRO DE CIGARRO	+ de 5 anos
CHICLE	5 anos
ALUMÍNIO	+ de 200 anos
MADEIRA PINTADA	+ de 13 anos
NYLON	+ de 20 anos
PLÁSTICO	+ de 400 anos
VIDRO	+ de 1000 anos
BORRACHA	Tempo indeterminado

Fonte: o autor (2021)

VOCÊ SABIA que a geração de resíduos sólidos no Brasil vem crescendo a cada ano? Entre os anos de 2010 e 2019, de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública, a geração dos resíduos aumentou de 67 milhões para 79 milhões de toneladas por ano. Por sua vez, cerca de 41% dessa produção de resíduos foram parar em lixões e aterros controlados. Algo alarmante, pois esses locais não possuem medidas de proteção que evitem a contaminação do solo, água e ar pelos resíduos sólidos dispostos de forma inadequada e por isso, representam grandes riscos ao meio ambiente e à saúde da população.

O QUE É LIXÃO?

São locais onde os resíduos sólidos são descarregados diretamente sobre o solo sem qualquer separação ou medida de proteção. Os lixões causam a contaminação do solo e águas subterrâneas através do chorume produzido pela decomposição da matéria orgânica.

Além disso, causam também a poluição do ar devido a geração de gases. Outro fator é a proliferação de ratos, baratas, moscas, pulgas e outros vetores de doenças que podem transmitir doenças.



Fonte: o autor (2021)

O QUE É UM ATERRO CONTROLADO?

O aterro controlado é um estágio intermediário entre o lixão e o aterro sanitário. No aterro controlado, apesar de serem compactados e cobertos com uma camada de solo ainda continuam promovendo a contaminação, pois geralmente nesses locais não há impermeabilização do solo.

QUAL É O DESTINO CORRETO DOS RESÍDUOS?

Aqueles resíduos que não puderam ser reutilizados e reaproveitados devem ser encaminhados ao aterro sanitário.

Mas o que é um aterro sanitário?

O aterro sanitário é um local preparado para receber os resíduos, pois sua construção obedece a várias normas técnicas para que os resíduos ali depositados causem o menor impacto possível ao meio ambiente.

A base do aterro sanitário é composta por células (ou valas) impermeabilizadas com camada de argila compactada e manta isolante (geomembrana de polietileno de alta densidade – PEAD) que impede os líquidos poluentes de contaminar o solo e as águas subterrâneas. Outra característica de um aterro sanitário são os sistemas de drenagem de

gases composto por dutos que captam os gases impedindo que aconteçam explosões e combustões espontâneas e sistema de captação e tratamento do chorume.



Fonte: <https://br.freepik.com/>

A POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS) – LEI 12.305/10

Existem leis, decretos e resoluções que buscam solucionar o descarte incorreto dos resíduos sólidos. Entre elas, estão a Lei nº 12.305/2010 conhecida como Política Nacional dos Resíduos Sólidos que estabelece princípios, objetivos e instrumentos, diretrizes, metas e ações relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos.

Geramos resíduos todos os dias!

Por esse motivo, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos presente na Política Nacional dos Resíduos Sólidos prevê ações para entidades ou pessoas envolvidas na gestão dos resíduos sólidos.

A redução dos resíduos, rejeitos e impactos causados à qualidade ambiental e à saúde humana resultante do ciclo de vida dos produtos são responsabilidades de fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, do Estado, dos agentes de serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e, também dos cidadãos.

VOCÊ SABE O QUE É O CONSUMO SUSTENTÁVEL?

O consumo sustentável é um conjunto de práticas que visam diminuir ou minimizar os impactos no meio ambiente. São atitudes positivas que contribuem para a preservação dos recursos naturais mantendo o equilíbrio do nosso planeta.

Essas práticas estão relacionadas a redução da poluição, incentivo à reciclagem, eliminação do desperdício entre outros.



Fonte: <https://br.freepik.com/>

VAMOS REPENSAR O CONSUMO?

O tempo todo somos estimulados por propagandas publicitárias a pensar que precisamos de mais coisas. Dessa maneira, para produzir mais bens e alimentos retiramos mais recursos naturais em uma velocidade maior que a capacidade de regeneração da natureza.

É preciso pensar o que acontece antes do produto chegar até você e o que acontece com ele depois de seu uso, de onde veio e para onde vai. Mesmo depois de serem descartados, os nossos resíduos continuam impactando diretamente o meio ambiente e a todos que nele vivem.

É necessário repensar e escolher apenas o que realmente você for precisar. Pesquisar e comparar antes de comprar. Além disso, comprar de quem produz com baixo impacto no ambiente beneficia a sociedade.

Você pode também diminuir o consumo de energia começando pela sua casa através de ações como:

- ✓ Desligando as luzes dos cômodos que não têm pessoas;
- ✓ Tomando banhos mais rápidos;
- ✓ Substituindo lâmpadas incandescentes e compactas por lâmpadas eletrônicas e de led;
- ✓ Desligando os aparelhos eletrônicos que ficam em stand by, pois nesse modo os aparelhos ainda consomem energia;
- ✓ Otimizar o uso de alimentos para evitar o desperdício;
- ✓ Utilizar os restos do preparo dos alimentos (casca de frutas, legumes, raízes, folhas e outros) no processo de compostagem e vermicompostagem.

A ideia de geração dos resíduos sólidos aliada ao consumo sustentável é a de promover a reflexão dos hábitos de consumo da população. Esse é um dos principais elementos para atingirmos o consumo sustentável conservando os recursos naturais em quantidade e qualidade para as futuras gerações.



Fonte: <https://br.freepik.com/>

COLETA SELETIVA

É caracterizada pelo recolhimento de materiais passíveis de serem reciclados (usualmente plásticos, vidros, papéis, metais), previamente separados de rejeitos e resíduos de natureza orgânica. É o processo que antecede a reciclagem coleta e pode ser realizada por iniciativa individual (uma pessoa preocupada com o montante de resíduos que gera) ou conjunta (empresas, condomínios, escolas, cidades, bancos, associações e outras instituições).

Para que isso ocorra é necessário que haja na cidade um bom sistema de coleta seletiva e unidades de triagem destes resíduos e indústrias da reciclagem.

5 Rs: REDUZIR, REUTILIZAR, RECICLAR, RECUSAR E



Fonte: <https://br.freepik.com/>

REPENSAR

Estas cinco práticas fazem a diferença indicando os caminhos na luta contra o desperdício e resumem os esforços para minimizar um dos grandes problemas da modernidade: a significativa quantidade de resíduos sólidos.

REDUZIR - indica a necessária diminuição da quantidade dos materiais e bens que produzimos e, também dos recursos que consumimos. Para isso, devemos comprar somente o necessário e optar por produtos mais duráveis em vez dos descartáveis.

REUTILIZAR – significa utilizar o produto mais de uma vez, criando possibilidades para usar o que você não precisa mais. Por exemplo, garrafas de vidro, latas ou depósitos de plásticos podem ser utilizados para fins como plantar, fazer regadores, fazer artesanato e confeccionar instrumentos musicais como tambores e chocalhos. Isso vai depender da sua imaginação!

RECICLAR - consiste em transformar de modo artesanal ou industrial um material descartado em outro. Isso pode acontecer através da modificação das características físicas e/ou químicas do material visando diminuir o consumo de

matéria-prima extraída da natureza. Dessa maneira, esse resíduo poderá retornar a cadeia produtiva, gerando emprego, renda e novos materiais.

RECUSAR – consiste em não comprar os produtos que prejudicam o meio ambiente e a saúde.

REPENSAR – significa refletir sobre os nossos hábitos de consumo e adotar práticas sustentáveis.

A RECICLAGEM

É a transformação dos materiais descartados. Através do beneficiamento, esses materiais poderão ser utilizados como matéria-prima em algum processo produtivo. A expressão vem do inglês recycle (re = repetir; cycle = ciclo). É uma atividade na maior parte dos casos, industrial por utilizar tecnologias apropriadas para transformar estes materiais já usados em outros produtos, que podem ser comercializados.

A reciclagem pode acontecer na fase direta, ou seja, durante o processo produtivo, ou na fase indireta, pós – consumo depois de serem descartados como resíduos pelos seus usuários.

VANTAGENS DA RECICLAGEM:

- ✓ Redução da poluição causada pelo lixo;

- ✓ Redução de vetores de doenças;
- ✓ Redução da contaminação do solo pelo chorume;
- ✓ Maior vida útil dos aterros sanitários;
- ✓ Economia de: recursos naturais, matéria prima, água, energia;
- ✓ Gera renda para pessoas que sobrevivem com o material reciclado.



Fonte: <https://br.freepik.com/>

COMPOSTAGEM, O QUE É? COMO É FEITA?

É um método de reciclagem de resíduo orgânico que transforma a matéria orgânica, pela ação de microrganismos, para o uso na agricultura, jardins e plantas. Os materiais que podem ser utilizados para tal processo são: restos e cascas de alimentos, podas de árvores, materiais vindos de refeitórios, feiras e supermercados.

Para que seja feito o processo precisa-se de dois ingredientes: o nitrogênio que estão presentes nos restos de alimento e o carbono advindo das podas das árvores. Assim, estes resíduos são triturados e colocados em um local chamado de baía ou leira, lá permanecem por cerca de 60 dias, nesse período o material é revirado para que haja contato frequente com o oxigênio já que tal processo é aeróbico, dependente de oxigênio. Ao final do processo o material composto é peneirado para que fique em forma de grãos e possa ser comercializado para a agricultura ou para o consumidor.

SAÚDE DO SOLO

Você sabe a importância do solo?

O solo tem como uma das principais funções o plantio, sem isso não teríamos o que comer em nossas mesas todos os dias, porém com o atual avanço das grandes cidades é gerado muito lixo, que é descartado de forma errada e em locais inadequados, assim

contaminando o solo e por muitas vezes impedindo a vida naquele determinado local. Como é definida a qualidade do solo?

Para ser definida a qualidade do solo são utilizados meios como indicadores, que são formas de medir ou refletir determinadas condições ambientais, podendo ser, físicos, químicos e biológicos, a exemplo de biológicos



Fonte: <https://br.freepik.com/>

temos os bioindicadores que são os microrganismos, tais bioindicadores podem ser utilizados para o biomonitoramento da qualidade do solo. Tais microrganismos têm a capacidade de responder mais rápido às mudanças que ocorrem no solo, tal característica se destaca dos indicadores físicos e químicos.

A poluição do solo pode refletir em danos irreversíveis para a natureza, que possui uma resposta lenta para os processos de reestruturação e equilíbrio, quanto a nós seres humanos que possuímos uma estrutura frágil, sendo que somos o principal causador da poluição do solo seja ela urbana ou rural.

Em áreas urbanas o principal obstáculo a ser superado é a grande quantidade de lixo que é despejada de forma inadequada, resíduos domésticos, hospitalares, industriais e dentre outras várias substâncias poluentes como, petróleo e chumbo, além dos dejetos ficarem acumulados eles podem interferir diretamente e de forma agressiva no ecossistema local.

QUALIDADE DA ÁGUA

Afinal, o que é isso?

Você já parou para pensar um pouco sobre a qualidade da água que você utiliza para tomar banho, lavar louças, escovar os dentes e até mesmo para beber? E se já pensou, chegou a se perguntar: como essa qualidade é medida no Brasil?

Pois bem, primeiramente, saiba que o **IQA (Índice de Qualidade das Águas)** é o principal indicador qualitativo utilizado no nosso país e foi desenvolvido com o objetivo de avaliar se a água está adequada para consumo, após passar pelo tratamento adequado. Além disso, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (**ANA**) é uma autarquia federal, vinculada ao **Ministério do Desenvolvimento Regional**, responsável pela gestão dos recursos hídricos brasileiros, anteriormente chamada de “*Agência Nacional de Águas*”.

Agora você já sabe que o IQA é o método utilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA) para analisar a água que utilizamos, mas, deve estar se perguntando: Como eles avaliam isso? E quais critérios são utilizados nessas avaliações?

O resultado para classificação da qualidade é obtido através do cálculo de seguintes parâmetros: resíduo total, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, PH, temperatura da água, nitrogênio total, turbidez, coliformes termotolerantes e fósforo total.

Através de todos esses dados, a avaliação acontece por meio da interpretação dos resultados que serão responsáveis por definir de que maneira os recursos hídricos serão utilizados. Por exemplo, se ao final das análises a água for considerada de boa qualidade, será destinada para o consumo público. Ao contrário, ao ser classificada como de “má qualidade” e tornando-se inapropriada para o consumo, essa mesma água será utilizada para outros fins como geração de energia, navegação, entre outros.

A FALTA DE SANEAMENTO E A POLUIÇÃO

Certo, compreendemos como é o processo de classificação da qualidade dos recursos hídricos. Agora, vamos falar um pouco dos fatores que contribuem para má qualidade da água:

Oriundos da indústria e agricultura, a poluição e a ausência de um tratamento de esgoto adequado, são os principais fatores que ameaçam a qualidade da água no Brasil. Segundo levantamento da ONG SOS Mata Atlântica, a água é ruim ou péssima em 40% dos 96 rios, córregos e lagos avaliados em sete estados brasileiros. A pesquisa, divulgada por ocasião do Dia Mundial da Água (22/03), mostra que a situação é preocupante no bioma da Mata

Atlântica, principalmente em áreas urbanizadas. A seguir, vejamos a declaração de Maurrem Vieira, especialista em recursos hídricos da ANA:

“A qualidade da água hoje é insuficientemente monitorada. Não temos um retrato do país. São várias as entidades de gestão da água, públicas e privadas, em âmbito federal, estadual e municipal. Estamos nos adaptando a essa imensa fragmentação do sistema brasileiro”

De acordo com a especialista em recursos hídricos da ANA, Renata Bley, as tendências de melhoria identificadas vêm dos resultados, e principalmente dos investimentos em coleta e tratamento de esgoto nas regiões metropolitanas, mesmo com poucos dados disponíveis.

Além disso, especialistas são unânimes em afirmar que o maior problema da qualidade da água no país é a falta de tratamento de esgoto. Apenas 37,5% do esgoto gerado no Brasil é tratado, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, e a coleta é realizada para apenas 48,1% da população.

Para piorar ainda mais a situação, o Brasil ficou classificado em 112º lugar no mundo em termos de evolução e cobertura de saneamento (segundo o estudo do Instituto Trata Brasil e do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável).

“Não tem como piorar...ou tem?”

Com todas essas informações, é meio difícil acreditar que poderia ficar pior, não é mesmo? Entretanto, sinto em afirmar caro leitor, que pode piorar e muito! Vamos aos fatos:

O Brasil não só está atrasado na evolução das medidas de saneamento básico, como também é um dos principais produtores de lixo do mundo, estando em 4º lugar desde o ano de 2019, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia. Mas, tendo em vista que por semana, os brasileiros produzem 1,52 milhão de toneladas, não seria surpresa se atualmente estivéssemos subindo no ranking. Apenas em 2010, foram gerados 66,69 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Já em 2019, o descarte aumentou para 79,06 milhões de toneladas (com o aumento de 18,6%).

“Certo, mas, como todo esse lixo pode afetar na qualidade da água?”

O acúmulo de resíduos inapropriados no solo, compromete a qualidade dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) e da mesma forma, a água das bacias hidrográficas.

A contaminação da água acontece da seguinte forma:

- A matéria orgânica depositada no lixão, durante seu processo de decomposição, libera um líquido, conhecido como chorume, que possui contaminantes químicos que se somam à presença de metais pesados (pilhas, baterias, lâmpadas e outros resíduos);
- Esse líquido infiltra-se no solo, que não passou por nenhum tipo de tratamento de impermeabilização, atingindo o lençol freático e, também os reservatórios de água superficial próximo ao lixão (rio, açudes) que também são contaminados pelo escoamento superficial das águas no período chuvoso

Como meios de contaminação do solo que resultam na contaminação dos lençóis freáticos, podemos citar:

- O descarte inadequado de objetos eletrônicos;
- Combustíveis;
- Fertilizantes para plantação;
- Lixo hospitalar;
- Materiais de limpeza.

E então, agora que você sabe quais consequências a contaminação do solo pode

ocasionar na água. Você entende como isso afeta diretamente todos nós, não é? Já que dificulta ainda mais, a oferta de água potável à população, pois, quando acontece essa contaminação, o processo de recuperação do espaço contaminado é complicado e possui altos custos, o que impossibilita que pequenos estados e cidades possam custear essa ação.

Imagine só como é complicado recuperar os recursos naturais finitos que já estão comprometidos por conta dos maus hábitos dos seres humanos. Não seria mais fácil evitar o acúmulo de lixo em locais inapropriados e procurar meios de descarte mais seguros para o meio ambiente?



Fonte: o autor (2021)

QUALIDADE DO AR

Você sabia que o lixo que depositamos podem causar muitos problemas à qualidade do ar?



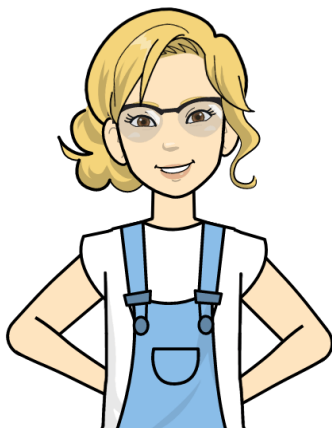
<https://avatarmaker.com/>

O lixo que depositamos de maneiras inadequada pode estimular problemas como a emissão de gases, por meio das queimas de resíduos, acúmulo de materiais orgânicos em aterros sanitários, pela mudança de composição química, liberação de gases tóxico, como dioxinas, metano entre outros, acabam poluindo a atmosfera e prejudicando o ambiente com mudanças de temperatura e a destruição da camada de ozônio, além de afetar nossa saúde, gerando algumas contaminações, problemas respiratórios e muitas outras doenças graves



<https://avatarmaker.com/>

Você sabia que quando queimamos resíduos a céu aberto geramos uma das principais fontes de poluição do ar?



<https://avatarmaker.com/>

A queima do lixo a céu aberto se torna bastante comum quando a população não conta com o auxílio do conhecimento e alternativas de programas de coleta, dessa forma a população procura uma jeito de desaparecer com o lixo e acaba sendo mais fácil a queima dos resíduos, provocando mau cheiro, poluição ao ar, doenças a população, problemas ao efeito estufa, ao meio ambiente em geral, por ser uma fumaça tóxica, além de ser

desperdício de matérias que poderiam ser reutilizados, podendo ser decompostas ou recicladas.

EFEITO ESTUFA:

Um dos principais impactos ambientais, é a emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para a poluição do ar. O acúmulo de gases na atmosfera dificulta o escape do calor da superfície terrestre em direção ao espaço. Com isso, o calor fica retido no céu, aumentando a temperatura do planeta, resumindo, fenômeno natural causado pela presença de gases de efeito estufa na atmosfera, que mantém o planeta Terra aquecido.



Fonte: <https://br.freepik.com/>

A poluição do ar causada pela emissão de gases também altera o clima, sabia?

O acúmulo de gases tem provocado aquecimento ao nosso planeta, assim ocasionando as mudanças climáticas. Com o resultado das poluições, como no caso de emissão de gases de resíduos em decomposição a céu aberto tem se a alterações de clima, ou melhor o aumento de temperatura, como consequência variações bruscas de temperatura e aumento de fenômenos climáticos como furacões, tempestades, inundações e estiagens. E a destruição da camada de ozônio?



Fonte:
<https://avatarmer.com/>

A camada de ozônio é uma camada de gás existente na estratosfera, que funciona como um filtro que protege a Terra da radiação ultravioleta emitida pelo sol. As emissões de algumas substâncias, como dioxinas, metano entre outros, podem deteriorar a camada de ozônio, gerando problemas como câncer de pele e doenças oculares, como a catarata.

Mas o que podemos fazer para reduzir a poluição do ar?

- ❖ Não queimar lixos domésticos;
- ❖ Incentivar o desenvolvimento de coletas de resíduos perigosos e especiais;
- ❖ Ajudar na coleta de resíduos de sólidos urbanos;
- ❖ Sistemas de tratamento de resíduos orgânicos;
- ❖ Elaborar e implementar o Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.



Fonte: <https://avatarmaker.com/>

O que são incineradores?

A queima se torna necessária quando existem meios como os incineradores, um processo que consiste no uso de fornos em temperatura ideal (900º a 1250º) no tratamento da emissão atmosférica liberada da combustão dos resíduos, porém possuem alto poder de poluição, pois geram enormes quantidades de gases poluentes que pioram ainda mais o efeito estufa do planeta Terra. Mas é necessário a queima de lixos com bactérias e vírus, para não contaminar outras pessoas.

Não vamos esquecer do Smog, a poluição do ar, sobretudo em áreas urbanas, por ozônio troposférico e outros compostos originados por reações fotoquímicas, reações químicas causadas pela luz solar. O efeito visível disto é uma camada roxa acinzentada na atmosfera.



Fonte: <https://avatarmaker.com/>

A SAÚDE PÚBLICA

A SAÚDE E A POLUIÇÃO JUNTAS, NÃO COMBINAM...

Se você chegou até aqui, já deve ter noção do quanto o lixo que é produzido diariamente pelo ser humano e jogado todos os dias no planeta é um risco muito sério para todos os seres vivos e o planeta, não é mesmo?

E quando eles são depositados nos lixões a céu aberto e terrenos baldios acabam produzindo muitas bactérias e fungos.

E além de atrair baratas, ratos, moscas, mosquitos. Esses animais podem transmitir doenças sérias, como dengue, cólera, disenteria, peste bubônica e leishmaniose, dentre outros.

DENGUE

É uma infecção causada por um vírus que ocorre principalmente em áreas tropicais e subtropicais do mundo, inclusive no Brasil. As epidemias geralmente ocorrem no verão, durante ou imediatamente após períodos chuvosos, quando os hábitos e o clima oferecem condições ótimas para a proliferação de seu mosquito transmissor, o *Aedes aegypti*.

CÓLERA

A cólera é causada por uma infecção no intestino provocada pela bactéria *Vibrio cholerae*. A bactéria faz com que as células que revestem o intestino produzam uma grande quantidade de fluidos que causam diarreia e vômitos. A infecção se espalha quando há ingestão de alimentos ou água contaminada com fezes ou vômito de uma pessoa infectada com a doença.

PESTE BUBÔNICA

A peste bubônica é uma doença infectocontagiosa, provocada pela bactéria *Yersinia pestis*, que é transmitida ao homem pela pulga através do rato-preto. A manifestação clínica mais comum é a linfadenite febril aguda, chamada de peste bubônica.

LEISHMANIOSE

A Leishmaniose é um tipo de doença infecciosa causada por um protozoário do gênero *Leishmania*, considerado um parasita. Sua transmissão se dá por meio da picada do mosquito-palha e essa condição é considerada majoritariamente tropical, sendo mais comum em países de clima quente e úmido, como certas regiões do Brasil.

LEPTOSPIROSE

A leptospirose é uma doença infecciosa causada por uma bactéria chamada *Leptospira* presente na urina de ratos e outros animais, transmitida ao homem principalmente nas

enchentes. Bovinos, suínos e cães também podem adoecer e transmitir a leptospirose ao homem.

HANTAVIROSE

A Hantavirose é uma doença rara, que é causada por uma infecção do Hantavírus, um gênero de vírus com vários subtipos, sendo que todos são capazes de causar a hantavirose. A transmissão acontece através de roedores. O vírus se aloja no organismo de ratos, por exemplo, e é transmitido para o ambiente por meio de sua urina e de suas fezes. Caso o ser humano inale os odores desses materiais ou sua pele entre em contato direto com essas substâncias, ele pode desenvolver a hantavirose.

TOXOPLASMOSE

A Toxoplasmose é uma infecção muito comum, causada pelo protozoário *Toxoplasma gondii* e apresenta quadro clínico variado, desde infecção assintomática a manifestações sistêmicas extremamente graves. As principais vias de transmissão são a oral e a congênita. A via oral consiste na ingestão de alimentos crus ou mal higienizados como a carne crua, mal cozida ou contaminada que não teve o processamento térmico adequado. A congênita consiste na transmissão da doença adquirida pela mãe, durante a gestação, ao feto, via transplacentária.

TENÍASE

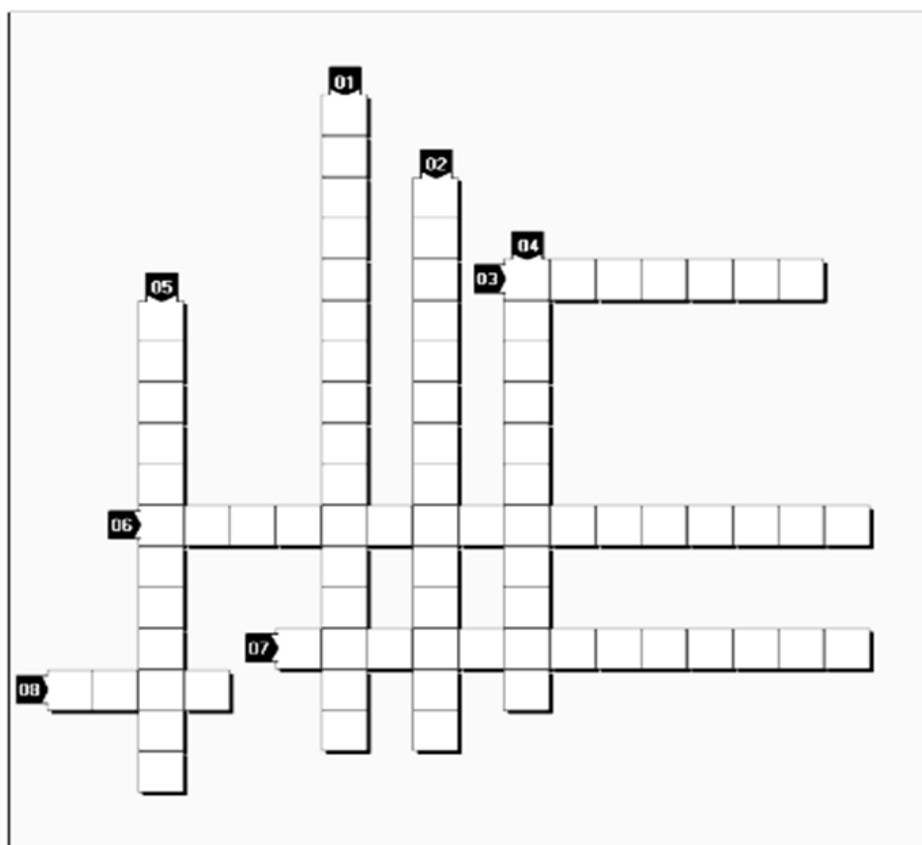
A teníase é uma infecção causada pelo verme adulto de *Taenia* sp., popularmente conhecido como solitária, no intestino delgado, podendo dificultar a absorção dos nutrientes dos alimentos e provocar sintomas como enjoos, diarreia, perda de peso ou dor abdominal, por exemplo.

VOCÊ JÁ OUVIU FALAR EM CHORUME?

Pois bem... O chorume é líquido mal - cheiroso que é produzido a partir da decomposição do lixo acumulado. Esse líquido é considerado dez vezes mais poluente que um esgoto, pois além de conter matéria orgânica apodrecida, ele tem substâncias químicas e metais muito tóxicos. O chorume contamina o solo e pode chegar aos lençóis freáticos, uma espécie de rios subterrâneos que existem por toda a Terra e que jogam sua água nos mares,

lagos, mangues e rios, e quanto mais ele se espalha, mais vai poluindo e consequentemente levando patógenos para locais ainda mais “distantes” dos lixões.

Vamos consolidar o que você aprendeu resolvendo as palavras **cruzadas?**



Fonte: www.kurupira.net

- 01) Processo feito a partir de indicadores biológicos.
- 02) Reservatório de água subterrâneo proveniente da chuva, que se infiltra no solo por meio de rachaduras.
- 03) Líquido mal-cheiroso que é produzido a partir da decomposição do lixo acumulado.
- 04) Procedimento aeróbico, precisa de material orgânico para ser feito.
- 05) Uma doença infecciosa causada por uma bactéria chamada leptospira presente na urina de ratos e outros animais, transmitida ao homem principalmente nas enchentes.
- 06) Conjunto de serviços que contribui com a saúde, a educação, o meio ambiente e a economia (ex: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana.)
- 07) Fornos em temperatura ideal para tratamento da emissão atmosférica liberada da combustão de resíduos.
- 08) Poluição do ar que visivelmente tem uma camada roxa acinzentada na atmosfera.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 01 abr. 2021.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004:2004: Classificação dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro, 2004. ABNT– Associação brasileira de normas técnicas.

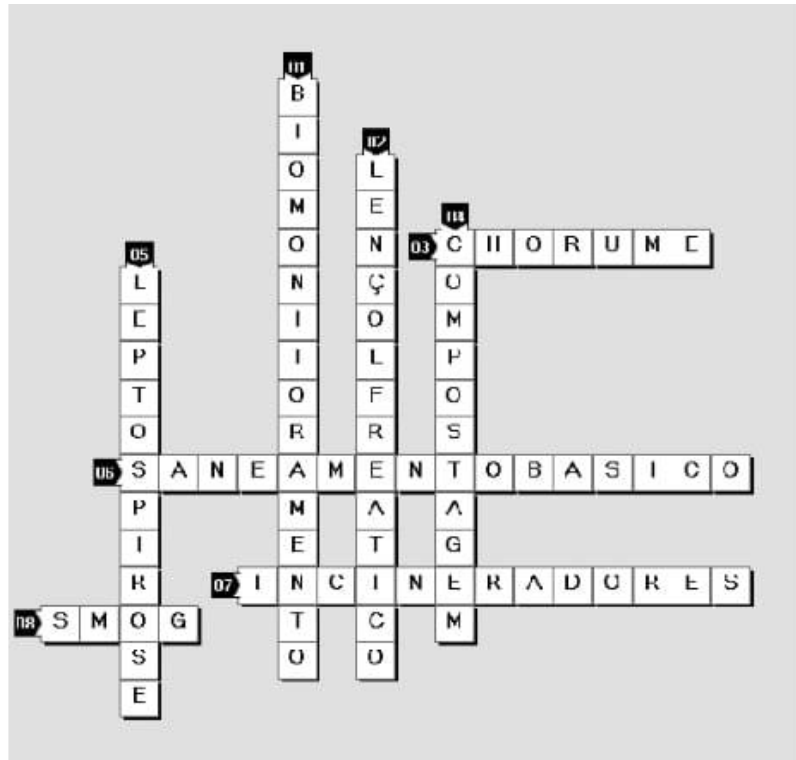
BRASIL, Decreto-Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília-DF: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 17 nov. 19.

GEORGES, Liliane Hanna. **Gestão dos Resíduos Sólidos em Pedro II– Piauí: Presente e Futuro** 60 p. Relatório Acadêmico de Mestrado (Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial) – Instituto Federal do Piauí, Teresina, 2021.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para a concretização desse trabalho, em especial ao Programa de Mestrado em Análise e Planejamento Especial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (MAPEPROF/IFPI), aos acadêmicos do curso de Licenciatura em Biologia da mesma instituição (Ana Clara Oliveira Sobral, Beatriz Rodrigues da Silva, Letícia Vitória de Matos Medeiros e Luiz Montenegro Tavares Neto) e aos catadores de material reciclado e moradores do entorno do vazadouro a céu aberto da cidade de Pedro II- Piauí, principais pessoas afetadas pelos impactos sociais, ambientais e econômicos causados pela disposição inadequada de resíduos sólidos.

www.kurupira.ne



Kurupira Cross Word