

UFPA

PPGEC

Universidade Federal do Pará



Mário Marcos Moreira da Conceição

**Avaliação de dano ambiental: aplicação de um
índice de qualidade em um vazadouro a céu
aberto.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Dissertação orientada pela Prof.^a Dra. Luiza Carla Girard Mendes
Teixeira

Coorientada pelo Prof. Dr. Giovanni Chaves Penner

Belém – Pará – Brasil

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA - ITEC PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Mário Marcos Moreira da Conceição

Avaliação de dano ambiental: aplicação de um índice de qualidade em um vazadouro a céu aberto.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Linha de Pesquisa: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dra. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira.

Coorientador: Prof. Dr. Giovanni Chaves Penner

Belém – Pará – Brasil

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C744a Conceição, Mário Marcos Moreira da.
Avaliação de dano ambiental : aplicação de um índice de
qualidade em um vazadouro a céu aberto / Mário Marcos Moreira
da Conceição. — 2022.
158 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Luíza Carla Girard Mendes Teixeira
Coorientador(a): Prof. Dr. Giovanni Chaves Penner
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, Belém, 2022.

1. Resíduos sólidos. 2. gestão. 3. gerenciamento. 4.
saneamento. 5. danos ambientais. I. Título.

CDD 620



AVALIAÇÃO DE DANO AMBIENTAL: APLICAÇÃO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE EM UM VAZADOURO A CÉU ABERTO

AUTOR:

MÁRIO MARCOS MOREIRA DA CONCEIÇÃO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL.

APROVADO EM: 05/04/2022.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Luíza Carla Girard Mendes Teixeira
Orientadora (UFPA)

Prof. Dr. Giovanni Chaves Penner
Coorientador (UFPA)

Prof. Dr. Alisson Carraro Borges
Membro Externo (UFV)

Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes
Membro Interno (UFPA)

Visto:

Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço
Coordenador do PPGECC / ITEC / UFPA

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar sempre, fazendo com que eu entenda que os seus planos são melhores do que os meus; por me dar forças para continuar, independente dos obstáculos e dificuldades. Por proporcionar momentos inesquecíveis e ser base para o que sou, tenho, sonho e vivo.

Agradeço a minha família, pelo apoio constante nos estudos, fornecendo o melhor suporte para realização deste sonho. Em especial a minha mãe Elizângela Marília, ao meu pai Mário Augusto, a minha prima Cássia Ferreira, a minha tia Selma de Paiva, as tias Raquel Costa e Dalva Moreira.

Agradecimento especial a minha orientadora, Prof.^a Dra. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira, pela excelente profissional e professora. Agradeço por me acompanhar nesta trajetória e pela paciência mesmo vendo as limitações que tive no decorrer da pesquisa. Peço desculpas pelo excesso de trabalho que dei ao longo desses anos. Deixo aqui meu eterno agradecimento.

Agradeço ao professor coorientador Dr. Giovanni Chaves Penner que aceitou o convite para ajudar na pesquisa, pelas contribuições, sugestões e disponibilidade. Por ter sempre se dedicado a ajudar de todas as formas, desde a elaboração da pesquisa a escolha de componentes da banca avaliadora, fazendo sempre ótimas indicações. Obrigado pela parceria.

A UFPA, pela oportunidade de ingressar no PPGEC, fazendo um sonho se tornar realidade. Ao apoio e suporte fornecidos em tempos de pandemia, a elaboração de propostas para contornar o período de resguardo social, possibilitando aulas, processos e assuntos afins, proporcionando dessa forma, a formação dos discentes.

A equipe SM Engenharia e Consultoria, que sempre me deu forças e suporte para efetuar minha pesquisa. Em especial ao Rafael Souza e Yasmine Macedo, engenheiros ambientais que sempre estiveram à disposição para esclarecer dúvidas, dar sugestões, e, fornecer equipamentos técnicos. Acima de tudo pela parceria e apoio em meus estudos.

Ao meu melhor amigo Cleydson Costa, que sempre me apoiou nas pesquisas, me acompanhando na coleta de dados em campo, dando ideias construtivas, sendo meu braço direito nos sonhos e objetivos de vida, como concluir este mestrado. Aqui deixo meu eterno carinho por você e meu eterno agradecimento.

A Ana Cláudia e Lucimar Costa que sempre estão como base quando o assunto é pesquisa. Obrigado pela eterna parceria e por sempre estarem ao meu lado.

A todos que de alguma forma contribuíram para a presente pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE QUADROS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	17
2.1 GERAL	17
2.2 ESPECÍFICOS.....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS – RS	18
3.2 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	19
3.3 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA REGIÃO NORTE.....	23
3.4 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DO PARÁ	27
3.5 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM CASTANHAL-PA	32
3.6 VAZADOUROS A CÉU ABERTO	36
3.7 ÍNDICES E INDICADORES DE IMPACTO/DANO EM VAZADOUROS A CÉU ABERTO.....	37
3.8 ÍNDICE GLOBAL DE IMPACTO/DANO AMBIENTAL	39
3.9 CONDIÇÕES DAS INSTALAÇÕES DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS	41
3.10 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL	45
4 METODOLOGIA.....	47
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA	47
4.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	49
4.2.1 Etapa 1 – Levantamento bibliográfico e diagnóstico socioambiental.....	50
4.2.1.1 Diagnóstico socioambiental do sistema de gestão e gerenciamento de RS de Castanhal-PA.	51
4.2.1.2 Diagnóstico socioambiental da área de pesquisa.....	51
4.2.1.3 Diagnóstico da Área Diretamente Afetada (ADA).....	52
4.2.1.4 Diagnóstico da Área de Influência Direta (AID).....	54
4.2.1.5 Diagnóstico da Área de Influência Indireta (AII).....	55
4.2.1.6 Caracterização do uso e ocupação do solo	55
4.2.1.7 Diagnóstico das empresas recicladoras em Castanhal-PA	56
4.2.2 Etapa 2 – Aplicação do <i>check list</i> e aplicação do IGD.....	57
4.2.2.1 - Aplicação do <i>check list</i>	57
4.2.2.2 - Aplicação do IGD.....	57
4.2.3 Etapa 3 – aplicação do IQAR.....	62
4.2.4 Etapa 4 - Proposição de medidas mitigadoras/minimizadoras dos danos socioambientais.....	63
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	64
5.1 ETAPA 1 - DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL	64
5.1.1 Diagnóstico socioambiental do sistema de gestão e gerenciamento de RS de Castanhal-PA.....	64
5.1.2 Diagnóstico socioambiental da área de pesquisa	69
5.1.2.1 Área Diretamente Afetada (ADA).....	69
5.1.2.2 Área de Influência Direta (AID).....	76
5.1.2.3 Área de Influência Indireta (AII).....	79
5.1.2.4 Caracterização do uso e ocupação do solo	80

5.1.3 Diagnostico das empresas recicladoras em Castanhal-PA	82
5.2 ETAPA 2 – APLICAÇÃO DO <i>CHECK LIST</i> E APLICAÇÃO DO IGD	84
5.2.1 - Aplicação do <i>check list</i>	84
5.2.2 - Aplicação do IGD	84
5.2.2.1 Meio físico	84
5.2.2.2 - Meio biótico e abiótico	89
5.2.2.3 - Condições operacionais	102
5.3 ETAPA 3 – APLICAÇÃO DO IQAR	104
5.3.1 Caracterização dos aspectos estruturais do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA	104
5.3.2 Caracterização dos aspectos operacionais do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA	107
5.3.3 Caracterização dos aspectos locais do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA	110
5.3.4 Determinação do índice de qualidade de resíduos (IQAR)	111
5.4 ETAPA 4 - PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS/MINIMIZADORAS DOS DANOS SOCIOAMBIENTAIS.	111
5.4.1 Meio físico	112
5.4.2 Meio biótico e abiótico (solo)	114
5.4.3 Meio biótico e abiótico (água)	114
5.4.4 Meio biótico e abiótico (ar)	115
5.4.5 Meio biótico e abiótico (fauna e flora)	116
5.4.6 Meio biótico e abiótico (antrópico)	116
5.4.7 Condições operacionais	117
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	118
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
8 APÊNDICES	140
8.1 APÊNDICE A – CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CASTANHAL-PA....	140
8.2 APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, GEOLOGIA E RELEVO, DECLIVIDADE, HIDROGRAFIA, CLIMA E FLORA NO MUNICÍPIO DE CASTANHAL-PA.	141
8.3 APÊNDICE C – FORMULÁRIOS APLICADOS ÀS SECRETARIAS MUNICIPAIS DE CASTANHAL-PA.....	151
8.4 APÊNDICE D – FORMULÁRIOS APLICADOS ÀS CATADORES DO VAZADOURO A CÉU ABERTO DE CASTANHAL-PA.	153
8.5 APÊNDICE E – FORMULÁRIOS APLICADOS ÀS SERVIDORES PÚBLICOS DA SEMOB E ÀS RESIDÊNCIAS DA COMUNIDADE DO BOA VISTA DE CASTANHAL-PA.	154
8.6 APÊNDICE F – <i>CHECK LIST</i> APLICADO AO MEIO FÍSICO, COMPONENTES BIÓTICOS E ABIÓTICOS E CONDIÇÕES OPERACIONAIS.....	155

RESUMO

A presente pesquisa teve por objetivo a adequação e aplicação de um índice de qualidade de aterro de resíduos (IQAR) como ferramenta de gestão para o vazadouro a céu aberto do município de Castanhal-PA. Para isto, foi realizado o diagnóstico socioambiental da área de pesquisa, do sistema de gestão e gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de Castanhal-PA e das empresas recicladoras no município. Foi aplicado um *checklist* simples para identificação dos potenciais danos socioambientais decorrentes da disposição inadequada dos RSU no vazadouro a céu aberto, às secretarias vinculadas ao saneamento no município, catadores e comunidade da agrovila Boa Vista. Para avaliação de forma qualitativa e quantitativa dos danos ambientais gerados foi aplicado o Índice Global de Dano (IGD). Para a determinação do IQAR, os resultados obtidos foram analisados e interpretados, para posterior enquadramento do vazadouro a céu aberto em condições adequadas ou inadequadas. Os índices que compõe o IQAR são referentes as características do local, infraestrutura implantada e condições operacionais. De acordo com os dados obtidos, as secretarias amostradas apresentam falhas por não haver elaboração, acompanhamento, avaliação e atualização do Plano Diretor municipal, o que é expresso pela ausência de informações sobre as questões do vazadouro ou projetos em andamento. Os dados obtidos indicaram que a Área Diretamente Afetada (ADA) e os limites utilizados para disposição de RSU correspondem a uma área de 54 hectares. As irregularidades e a falta de critérios técnicos nas formas de disposição final dos RSU e rejeitos na ADA são os principais fatores que promovem os danos socioambientais. Quanto aos danos ambientais mais significativos na ADA, de acordo com a amostragem de catadores, são referentes à possibilidade de poluição/contaminação do solo (100%) pela disposição inadequada de resíduos e rejeitos das diversas atividades comerciais e industriais do município, queima de resíduos (64%), desmatamento (52%), contaminação da água (86%) e poluição do ar (34%). Após análise efetuada *in loco*, identificou-se como Área de Influência Direta (AID) a comunidade Boa Vista, a aproximadamente 1km do vazadouro, as extensões dos corpos hídricos, por problemas constantes relacionado a contaminação/poluição a partir do escoamento das águas superficiais e subterrâneas que podem tomar diferentes direcionamentos, e, o odor desagradável pela direção predominante dos ventos voltada a referida comunidade. Os dados obtidos para identificação dos danos socioambientais no vazadouro, a partir da aplicação do IGD referente aos indicadores do meio físico, indicadores do meio biótico e abiótico e das condições operacionais, indicaram que todas os itens listados sofrem danos de ordem direta e indireta, com destaque para infraestrutura implantada (-0,50), água (-0,51), fauna (-0,63) e flora (-0,59). Sendo assim, o valor geral do IGD (-0,44) demonstra as precárias condições de todos os indicadores avaliados com danos que variaram entre -0,33 (condições operacionais) a -0,63 (fauna). Os resultados obtidos com a aplicação do IQAR para a caracterização dos aspectos estruturais, operacionais dos aspectos locacionais do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, indicaram condições alarmantes em todos os indicadores com avaliações predominantes remetendo a condições inadequadas, ausente ou insuficiente. De acordo com a metodologia da CETESB (2020), com o valor do IQAR (0,4), tem-se que o vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA apresenta condições inadequadas de funcionamento. Para minimizar os danos diagnosticados faz-se necessário de início o conhecimento das características dos resíduos produzidos no referido município, a composição gravimétrica e, em caráter de urgência, deve-se implantar um sistema adequado de disposição final dos RSU com: licenciamento da atividade, delimitação da área, o cercamento físico com telas, fiscalização e manutenção periódica do local e das vias de acesso.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, gestão, gerenciamento, saneamento, danos ambientais.

ABSTRACT

The objective of this research was the adequacy and application of a waste landfill quality index (IQAR) as a management tool for the open-air dump in the municipality of Castanhal-PA. For this, a socio-environmental diagnosis was carried out in the research area, in the Urban Solid Waste (USW) management and management system in Castanhal-PA and in the recycling companies in the municipality. A simple checklist was applied to identify the potential socio-environmental damage resulting from the inadequate disposal of USW in the open-air dump, to the secretariats linked to sanitation in the municipality, collectors and the community of the agrovila Boa Vista. To qualitatively and quantitatively assess the environmental damage generated, the Global Damage Index (IGD) was applied. In order to determine the IQAR, the results obtained were analyzed and interpreted, for later framing the open-air spillway under adequate or inadequate conditions. The indices that make up the IQAR refer to the characteristics of the location, infrastructure implemented and operational conditions. According to the data obtained, the secretariats sampled have flaws due to the lack of elaboration, monitoring, evaluation and updating of the municipal Master Plan, which is expressed by the lack of information on issues related to the leak or projects in progress. The data obtained indicated that the Directly Affected Area (ADA) and the limits used for the disposal of MSW correspond to an area of 54 hectares. Irregularities and the lack of technical criteria in the forms of final disposal of USW and tailings at the ADA are the main factors that promote socio-environmental damage. As for the most significant environmental damages in the ADA, according to the sampling of collectors, they refer to the possibility of pollution/contamination of the soil (100%) by the inadequate disposal of waste and tailings from the various commercial and industrial activities of the municipality, burning of waste (64%), deforestation (52%), water contamination (86%) and air pollution (34%). After an analysis carried out in loco, the community Boa Vista was identified as an Area of Direct Influence (AID), approximately 1km from the spillway, the extensions of the water bodies, due to constant problems related to contamination/pollution from the runoff of surface water and groundwater that can take different directions, and the unpleasant odor by the predominant direction of the winds towards that community. The data obtained to identify the socio-environmental damages in the dump, from the application of the IGD referring to the indicators of the physical environment, indicators of the biotic and abiotic environment and of the operational conditions, indicated that all the items listed suffer damages of direct and indirect order, with emphasis on infrastructure implemented (-0.50), water (-0.51), fauna (-0.63) and flora (-0.59). Thus, the general value of the IGD (-0.44) shows the precarious conditions of all the indicators evaluated, with damages ranging from -0.33 (operating conditions) to -0.63 (fauna). The results obtained with the application of the IQAR for the characterization of the structural, operational aspects of the locational aspects of the Castanhal-PA open-air dump, indicated alarming conditions in all indicators with predominant assessments referring to inadequate, absent or insufficient conditions. According to the methodology of CETESB (2020), with the value of the IQAR (0.4), the open-air dump in Castanhal-PA has inadequate operating conditions. In order to minimize the damages diagnosed, it is necessary, from the beginning, to know the characteristics of the waste produced in that municipality, the gravimetric composition and, as a matter of urgency, an adequate system of final disposal of MSW must be implemented with: licensing of the activity, delimitation of the area, physical fencing with screens, inspection and periodic maintenance of the site and access roads.

KEY WORDS: Solid waste, management, management, sanitation, environmental damage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação espacial dos municípios integrantes de consórcios públicos intermunicipais para os serviços de manejo de RSU do Brasil.	22
Figura 2 - Representação espacial do tipo de unidade de disposição final dos RSU utilizada pelos municípios - Macrorregião Norte.....	25
Figura 3 - tratamento e disposição final dos RS na Região Norte.....	25
Figura 4 - Representação espacial dos municípios integrantes de consórcios públicos intermunicipais para os serviços de manejo de RSU - Macrorregião Norte.	26
Figura 5 - Mapa de localização do município de Castanhal-PA.	47
Figura 6 – Mapa de localização do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	48
Figura 7 - Principal via de acesso ao vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	48
Figura 8 - Fluxograma referente as etapas desenvolvidas durante o projeto.....	49
Figura 9 - Fluxograma referente as etapas a serem desenvolvidas na primeira etapa.	50
Figura 10 - Fluxograma utilizado para diagnóstico da ADA.	52
Figura 11 - Limite da área diretamente afetada – ADA.	69
Figura 12 – A e B - Áreas saturadas de acúmulo de RSU no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	70
Figura 13 - Componente dos principais RS diagnosticas no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA. A) resíduos de <i>palet</i> ; B) Resíduos de papeis; C) Resíduos de papelão; D) e E) Resíduos de Politereftalato de etileno; F) Resíduos de pneus.	71
Figura 14 - A) Presença de <i>Coragyps atratus</i> no vazadouro a procura de alimento; B) Resíduos sólidos de difícil decomposição, dispostos no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	73
Figura 15 - Problemas ambientais mais significativos identificados pela amostragem.	73
Figura 16 – Faixa etária dos catadores.	74
Figura 17 - A) Catadores informais segregando os RS no vazadouro a céu aberto em Castanhal-PA; B) disposição irregular de RSU diretamente sobre o solo.	75
Figura 18 - Caracterização da área de influência direta – AID, do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	76
Figura 19 - Dados da Pluviosidade de Castanhal, Hidroweb (2000-2020)	77
Figura 20 - a) Área com baixa declividade do vazadouro próxima a estrada de acesso a Boa Vista; b) Área com contenção de água da chuva.....	77
Figura 21 - Área dentro vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA com RS em processo de queima a céu aberto.	78
Figura 22 - Mapa de localização da Área de Influência Indireta (AII) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	79
Figura 23 - Classes de uso e ocupação do solo na área utilizada pela SEMOB para disposição final de RSU em Castanhal-PA.	81
Figura 24 - A e D) presença de urubus na área do vazadouro; B) presença de garças e urubus na área do vazadouro; C) presença de cachorro na área do vazadouro.	95
Figura 25 - A) Espécie de mamona: <i>Ricinus communis</i> L; B) espécie de mamão: <i>Carica papaya</i>	97
Figura 26 - a) Espécies arbustivas na área de acesso ao vazadouro; b) espécies arbustivas na área para disposição de RS; c) e d) espécies arbustivas – capim, na área de acesso ao vazadouro; e) espécie de mamona no entorno da cédula de RS; f) espécies de mamona.	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Empresas classificadas como recicladoras e sucateiras no Estado do Pará.	30
Quadro 2 - Objetivos do consórcio de Castanhal-PA.	35
Quadro 3 - Parâmetros ponderados do Índice Global de Impacto/dano.	41
Quadro 4 – Composição das colunas do modelo de planilha proposto pela CETESB para cálculo do IQAR.	44
Quadro 5 - Matriz para índice global de danos ambientais, proposto por Bressane <i>et al.</i> (2017).	60
Quadro 6 - Enquadramentos das instalações e dos sistemas de disposição final de RSU em função dos valores do IQAR.	62
Quadro 7 – Frequência e período da coleta de RSU nas agrovilas e na sede do município de Castanhal-PA.	65
Quadro 8 - Categorias e tipologias de resíduos sólidos identificadas a partir da aplicação do <i>check list</i>	71
Quadro 9 - Aplicação do IGD para o meio físico (uso e ocupação do solo) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	85
Quadro 10 - Aplicação do IGD para o meio físico (infraestrutura implantada) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	87
Quadro 11 - Aplicação do IGD para o meio físico (acesso ao aterro) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	89
Quadro 12 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (solo) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	90
Quadro 13 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (água) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	91
Quadro 14 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (ar) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	93
Quadro 15 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (fauna) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	94
Quadro 16 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (flora) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	96
Quadro 17 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (antrópico) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	99
Quadro 18 - Aplicação do IGD para condições operacionais (condições operacionais) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	102
Quadro 19 - Aplicação do IGD para condições operacionais (outros fatores) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantitativo das unidades de processamento na amostra por macrorregião geográfica do Brasil.....	20
Tabela 2 - Relação da Produção per capita de RSU e do crescimento populacional na Região Norte.	23
Tabela 3 - Crescimento e redução dos tipos de disposição dos RSU entre os anos de 2009 e 2015, na Região Norte.....	24
Tabela 4 - Equações utilizadas para tratamento estatístico dos dados obtidos.....	61
Tabela 5 - Estimativa da tipologia dos principais RS gerados em Castanhal-PA.	72
Tabela 6 - Empresas recicladoras no município de Castanhal-PA registradas e em operação.....	82
Tabela 7 - Aplicação do IQAR proposto pela CETESB para o vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, referente a caracterização dos aspectos estruturais do vazadouro a céu aberto.	105
Tabela 8 - Aplicação do IQAR proposto pela CETESB para o vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, referente a caracterização dos aspectos operacionais do vazadouro a céu aberto.	107
Tabela 9 - Aplicação do IQAR proposto pela CETESB para o vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, referente a caracterização dos aspectos locais do vazadouro a céu aberto.	110

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas ambientais da atualidade está relacionado à geração, coleta, acondicionamento, armazenamento, destinação e disposição final dos resíduos sólidos (RS). Consonante a isto, em 2016, o relatório do *The World Bank* apresentou o montante de 2,01 bilhões de toneladas de RS gerados mundialmente, com estimativa para 3,40 bilhões de toneladas em 2050, enquanto isso, cerca de 1,6 bilhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) dispostos na atmosfera são advindas desta problemática (KAZA *et al.*, 2018).

Em âmbito nacional, entre 2017 e 2018 a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil aumentou quase 1%, resultando em uma produção de 216.629 toneladas diárias. Em 2019 a disposição adequada dos rejeitos em aterros sanitários representou 59,5% dos RSU coletados, os demais (40,5%) foram dispostos em locais inadequados por 3.001 municípios. Nesse período, a Região Norte apresentou o maior índice (35%) de RSU dispostos em vazadouros a céu aberto das seis Regiões do Brasil (ABRELPE, 2019).

Nesse contexto, o problema inerente a ineficiência da gestão e gerenciamento dos RSU é alusivo ao modelo de produção e consumo atual, associado a deficiências no saneamento básico, principalmente nos países em desenvolvimento (LIMA; BARROS, 2019; GOMES *et al.*, 2019; COLOMBO, 2019; ROMANO; MOLINOS-SENANTE, 2020 ; ITO; MOLINOS-SENANTE, 2020), o que interfere diretamente nas condições de saúde da população (MUNYAI; NUNU, 2020), e, atualmente é uma das questões mais preocupantes por ocasionar impactos socioambientais negativos (CAMPOS, 2012; MOURA *et al.*, 2018; MENDEZ; MAHLER, 2018).

Estes impactos são decorrentes da ausência de segregação na origem para coleta seletiva e da forma indiscriminada e inconsequente da disposição final dos RS de todos os tipos de atividades antropogênicas (GOMES; PINTO, 2015; MICHALAKE *et al.*, 2016; SUN *et al.*, 2018; ABREU; HENKES, 2019), que corroboram principalmente com a alteração, poluição ou contaminação dos meios biótico, abiótico e socioeconômico por fomentar a proliferação de agentes transmissores de doenças como a Leptospirose e a dengue, estimular a produção de gases estufa, perda de matéria prima, renda e desperdício de recursos financeiros (JACOBI; BESEN, 2011; CÂNDIDO *et al.*, 2017; MENDONÇA *et al.*, 2017; KLEINB *et al.*, 2018; CHIERRITO-ARRUDA *et al.*, 2019).

Outro fator que intensifica esta problemática é a incompreensão da definição de RS e rejeitos, por parte de quem os gera, tratando tudo como rejeito. Sendo assim, a Lei Federal nº

12.305 (BRASIL, 2010) define rejeito como resíduos para o qual não há possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, sendo a disposição final ambientalmente adequada em aterros sanitários (MERSONI; REICHERT, 2017) e para os demais RS devem ser englobadas as etapas de coleta, segregação, reutilização, acondicionamento, transporte, transbordo, recuperação de energia e tratamento, que compõe a destinação final dos RS (BRASIL, 2010).

Referente as formas de disposição final de RS, as adequadas são representadas pelo gerenciamento de cadeia dos RS com a coleta seletiva associada a reciclagem e reaproveitamento; e, pelos aterros sanitários, incineradores e pirólise, fundamentadas em critérios de engenharia e normas operacionais, que permitem o confinamento seguro dos RS, garantem o controle de poluição ambiental, fornecem proteção à saúde pública e evitam ou minimizam ou compensam os impactos ambientais com garantias sanitárias, além disso, são devidamente preparados para a captação e tratamento dos efluentes líquidos e gasosos (BRASIL, 2010).

As formas alternativas e inadequadas de disposição final de RS são: os aterros controlados, constituído por locais de recepção de RS postos sobre camadas de solo e ausência ou ineficiência de critério técnico sem qualquer tratamento prévio; os vazadouros a céu aberto, que correspondem a descarga de RS diretamente sobre o solo; a incineração, representada pela queima dos rejeitos em fornos e usinas próprias; a compostagem, caracterizada pelo processo natural de decomposição da matéria orgânica de origem animal ou vegetal; e, a pirólise, entendida como a degradação de rejeitos por energia térmica que, quando incorretamente implantada e/ou operada colocam em risco o meio ambiente e a saúde pública (LOPES; LEITE; PRASAD, 2006; FEAM 2006; CAVALCANTE; FRANCO, 2007; CANDIANI; SILVA, 2011; LUIZ; ROSENDO, 2012).

Além dessas formas, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) considera como unidade de processamento de RS as valas específicas de resíduos sólidos de saúde (RSS), as unidades de triagem (galpão ou usina), compostagem (pátio ou biodigestor), tratamento por micro-ondas ou autoclave, manejo de galhadas e podas, unidade de transbordo: resíduos domiciliar (RDO) + resíduos públicos de limpeza urbana (RPU); áreas de reciclagem de resíduos da construção civil (RCC), aterros de resíduos da construção civil (aterro de inertes), queima em forno de qualquer tipo, áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil (RCC) e áreas de transbordo e triagem (ATT) e outros (BRASIL, 2019).

Em relação aos vazadouros a céu aberto (forma inadequada de disposição de rejeitos), um grande fator que contribui para o surgimento de impactos negativos nestas localidades, de

acordo com Gouveia (2012), Sales *et al.* (2014), e Barros, Dias e Araújo (2015) é a formação do chorume, um líquido escuro proveniente da decomposição da matéria orgânica que pode contaminar o solo, bem como as águas subterrâneas e superficiais por meio da infiltração e percolação, e, interferir na qualidade do ar. Além disso, Oliveira *et al.* (2015), Alkmin, Ribeiro Júnior (2016) e Medeiros (2016) destacam a importância de ressaltar os vazadouros a céu aberto como áreas que contribuem para emissão de gases estufa como o metano (CH₄) e o CO₂, e como ambientes propícios para a proliferação de vetores de doenças, tanto em escala de macro (cachorros, gatos, ratos, urubus, pombos e outros) como também micro (moscas, mosquitos, bactérias, fungos, etc.).

Ainda nesse contexto, a identificação e a avaliação dos danos ambientais (ADA), isto é, uma lesão aos recursos ambientais, alterando parcial ou totalmente o equilíbrio ecológico. Esta ferramenta é imprescindível para proposição de medidas mitigadoras ou reparadoras (FONSECA *et al.*, 2017). Para isso, pode-se utilizar os métodos como: *Ad hoc* e Delphi; Método Batelle; Métodos de Leopold e de Fisher Davies, associados às técnicas para coletar, analisar, comparar e organizar informações e dados sobre os danos ambientais, incluindo meios para a apresentação dessas informações (NERES *et al.*, 2015).

De modo geral, tais métodos não são compatíveis com as condições socioeconômicas e políticas do Brasil, tornando indispensáveis adaptações através de modificações e/ou revisões, para que sejam realmente úteis na tomada de decisão de um projeto ou atividade (OLIVEIRA; MOURA, 2009; BRESSANE *et al.*, 2018). Além disso, não existe uma padronização para os ponderadores de magnitude e importância das variáveis (SÁNCHEZ, 2006; CARVALHO *et al.*, 2016).

Visando contornar tal problemática, Bressane *et al.*, (2017) elaboraram e propuseram o índice global de impacto ou dano (IGD), corroborando que o atendimento de tais diretrizes requerem um procedimento metodológico que proporcione satisfatória clareza na estrutura de integração dos dados e aplicação dos critérios na avaliação, pois se trata de uma decisão quanto ao tratamento dos casos de atividades irregulares, como no caso de vazadouros a céu aberto, o que representa fator de alta relevância para a gestão da qualidade ambiental.

Os métodos atuais de avaliação de impacto/dano, como o IGD, atuam como processos que examinam consequências provindas de uma ação que já está ocorrendo e podem auxiliar na tomada de decisão de processos de gestão de empreendimentos/atividades ou locais passíveis a ação antrópica, sendo imprescindíveis a proposição de medidas mitigatórias a respeito das questões socioambientais (ARAÚJO, 2011; GALLEGÓ-ÁLVAREZ; VICENTE-VILLARDÓN, 2012).

Esta avaliação deve seguir uma metodologia que consista em um conjunto de normas que variem de acordo com o fator ambiental (condições que resistem ao controle do projeto/atividade e que influenciam positiva ou negativamente o mesmo, restringindo-o ou modificando-o), levando em consideração os indicadores e índices de impactos/danos ambientais, que devem ser divididos em três macro-conjuntos: características bióticas e antrópica do local, infraestrutura implantada e condições operacionais (FIGUEIREDO, 2011).

Os indicadores podem ajudar a decidir quais instrumentos técnicos e institucionais podem ser utilizados na gestão ambiental (BESEN, 2011). O índice é um valor numérico que representa a interpretação do sistema, utilizando cálculos e métodos científicos específicos, que permite alcançar uma nota que enquadra as instalações de disposição final de RSU em duas condições: inadequadas ou adequadas. Dessa forma, permite estabelecer um critério único de avaliação com subsídio para desenvolver e aprimorar mecanismos de controle de poluição/contaminação ambiental (PEREIRA; CURI, 2017).

No contexto desse índice, em 1997, foi elaborado um método adaptável para cálculo do índice da qualidade de aterros de resíduos (IQAR) pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), no qual o objetivo é avaliar as características locais, estruturais e operacionais dos locais de tratamento e disposição de resíduos, bem como em vazadouros a céu aberto (CETESB, 2017). Ferreira *et al.* (2014) consideram que, para avaliar a forma de gestão dessas áreas, deve-se partir da premissa de que tal aplicação exija demanda e expressiva importância para o estabelecimento de medidas de controle, que são imprescindíveis especialmente em áreas de disposição irregular de RS.

No contexto do sistema de gestão e gerenciamento de RSU em Castanhal, localizado no Estado do Pará - Brasil, o referido município direciona todos os RSU coletados ao vazadouro a céu aberto localizado a 2 (dois) quilômetros da malha urbana do município sem qualquer forma de controle dos impactos gerados ou alternativas efetivas para minimização dos RS dispostos nesta localidade e dos danos socioambientais existentes (CONCEIÇÃO *et al.* 2020).

O referido município já recebeu o título de maior produtor de RS dispostos em vazadouro a céu aberto da região de integração do Estado do Pará (divisão adotada pelo Governo do Estado do Pará para fins de planejamento territorial de ordem socioeconômica, política e cultural) (PARÁ, 2010), equivalente a 230,2 toneladas por dia, que correspondeu a 62,4%, seguidos dos municípios de Vigia com 26,1 toneladas por dia (t/d) e de São Miguel do Guamá com 25,9 t/d. Vale destacar que os 17 (dezesete) municípios da região de integração mencionada apresentam o vazadouro a céu aberto como forma de disposição final dos RS (PEGIRS, 2014).

Ademais, em Castanhal-PA, não há indicadores ou índices quanto a condição atual do vazadouro a céu aberto (CONCEIÇÃO *et al.*, 2020) que segundo Sodré *et al.* (2020) ocorre devido a carência de recursos financeiros suficientes para execução de projetos deste seguimento, de pesquisas que forneçam tais informações, além de incentivo a comunidade acadêmica para realização de pesquisas socioambientais na área.

Nesse contexto e baseado em pesquisas bibliográficas, o uso de indicadores referentes à disposição dos RSU tem sido uma ferramenta bastante utilizada no meio acadêmico, sendo possível identificar diversas publicações envolvendo o uso deste instrumento (FARIA, 2002; SALLES, 2003; BRINGHENTI, 2004; DEUS *et al.*, 2004; LOUREIRO, 2005; VIEIRA, 2006; LIMA, 2006; DANTAS, 2008; FERRAZ, 2008; SILVEIRA, 2008; UGALDE, 2010; BESEN, 2011; ASSIS, 2012; SANTIAGO; DIAS, 2012; DANTAS, 2013). Neste viés, é imprescindível a seleção de indicadores relevantes às condições locais do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, especialmente para a área diretamente afetada (ADA).

No âmbito da utilização do IQAR, proposto pela CETESB, também se constatou a aplicação desta abordagem em diversas pesquisas (ALBERTIN *et al.*, 2011; HAMADA, 2011; SANTOS *et al.*, 2012; MARINHO; OLIVEIRA, 2013; ANDRADE *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2016; URBAN, 2016; PEREIRA; CURI, 2017; LIMA *et al.*, 2017; BARROS *et al.*, 2020) e tais resultados demonstram a relevância dessa ferramenta de pesquisa bastante disseminada no Brasil, para qualificar locais de disposição final dos RSU.

Desse modo, a presente pesquisa justifica-se pela atual forma ambientalmente inadequada de disposição final dos RSU (que deveriam ser reciclados) e rejeitos no município de Castanhal-PA, pela carência de pesquisas sobre índice e indicadores deste vazadouro e pela urgente necessidade de implantação de medidas mitigadoras nessa área. Portanto, é relevante a adequação de um IQAR para o vazadouro desse município a partir de indicadores de qualidade, servindo como subsídios para a tomada de decisão do poder público, além de permitir sintetizar as informações do local para chegar a um índice de qualidade.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Adequação e aplicação do índice de qualidade de aterro de resíduos (IQAR) como ferramenta de gestão para vazadouros a céu aberto: estudo de caso no município de Castanhal-PA.

2.2 ESPECÍFICOS

Aplicar um *checklist* simples para identificação dos potenciais danos socioambientais decorrentes da disposição inadequada dos RSU no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA;

Avaliar de forma qualitativa e quantitativa os danos ambientais gerados pela disposição inadequada dos RS com base no IGD;

Propor medidas para mitigação ou minimização dos danos ambientais diagnosticados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nessa seção é apresentada uma revisão de literatura sobre a temática dos RS, gestão e gerenciamento dos RS no Brasil, na Região Norte, no Estado do Pará e no município de Castanhal-PA; o método de avaliação de danos ambientais (IGD); as medidas de controle ambiental e o índice de qualidade de aterro de resíduos – IQAR.

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS – RS

O padrão de geração e as características dos RSU têm experimentado uma modificação substancial (BESSA *et al.*, 2019), e essa modificação está atrelada ao crescimento global na produção de bens de consumo duráveis e não-duráveis, a ampliação das demandas de consumo e a configuração do consumismo atual, que repercute no aumento significativo da geração de RSU e na gestão ou gerenciamento inapropriados, uma vez que a preocupação ou atuação dos geradores de RS neste processo, ainda é insuficiente (DOHERTY, 2018). Consequentemente, além de corroborar com entraves pontuais com a poluição/contaminação dos recursos naturais, este fato contribui com o aquecimento global e mudanças climáticas em escalas globais (BONG *et al.*, 2017; DU *et al.*, 2017).

Sendo assim, um dos principais desafios enfrentados por países desenvolvidos e economias emergentes é a adoção de sistemas de gestão e gerenciamento de RSU adequados, para facilitar a recepção, classificação e posterior aproveitamento dos diferentes tipos de resíduos gerados (SEGURA *et al.*, 2020), e a regularização de áreas para disposição final de rejeitos (POLAZ; TEIXEIRA, 2009; RESENDE *et al.*, 2013; GODECKE; WALERKO, 2015).

Lovato e Silva (2014); Azevedo *et al.* (2015) e Li *et al.* (2016) relataram que diante dos riscos socioambientais oferecidos pelo inadequado ou ausente sistema de gestão/gerenciamento dos RSU e carência de sistemas e projetos, surgiu a necessidade de que todas as cidades/municípios se adequem a esse processo para que alcancem resultados positivos na qualidade da saúde pública e ambiental, sendo assim, os planos municipais de saneamento básico (PMSB) e de gestão integrada de resíduos sólidos (PGIRS) se constituem nas ferramentas principais desse processo, pois mitigam ou reduzem os impactos negativos a saúde pública e ao meio ambiente (PENNA, 2015).

Entre os principais impactos/danos ambientais advindos do descarte irregular de RS e em áreas inadequadas para disposição final estão os oriundos dos subprodutos gerados, em

especial, o lixiviado, que consiste em um líquido formado pela passagem da água pela massa de resíduos, retirando materiais dissolvidos e em suspensão (RAGHAB *et al.*, 2013). Além de ser um líquido muito tóxico (SILVA, 2016), possui ácidos orgânicos dissolvidos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e química de oxigênio (DQO) (SAMADDER *et al.*, 2016); altos teores de nitrogênio amoniacal total (NAT) (AZIZ *et al.*, 2010); sais inorgânicos; metais pesados; e compostos orgânicos xenobióticos (TENGRUI *et al.*, 2007; OLLER *et al.*, 2011).

Por outro lado, uma destinação/disposição ambientalmente adequada desses materiais implica na redução dos custos para o poder público com gastos voltados para a remediação de problemas em âmbito ambiental e socioeconômico (NEVES; MENDONÇA, 2016).

3.2 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

A partir da promulgação da Lei nº 9.605 (BRASIL, 1998) que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades que venham causar danos ou prejuízos a qualquer elemento que compõe o meio ambiente, e da Lei 12.305 (BRASIL, 2010) que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foram estabelecidos significativos avanços ao determinar as sanções penais e administrativas decorrentes de condutas e atividades lesivas para o meio ambiente, em que são definidas com clareza a uniformização das infrações da degradação e as punições para poluição do meio ambiente em todas as Regiões do Brasil.

Consoante a isto, outras legislações contemplam a questão dos RS, como a Lei Federal nº 9.795 (BRASIL, 1999) que dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA); a Lei nº 11.107 (BRASIL, 2005) que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos; a Lei Federal nº 11.445 (BRASIL, 2007) que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e a Resolução CONAMA, nº 404 (BRASIL, 2008) que estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte.

A partir disso, cabe explicitar que a disposição de resíduos em vazadouro a céu aberto é uma atividade potencialmente poluidora e sem conformidade com as regulamentações vigentes, portanto, passível das sanções penais (BRITO *et al.*, 2019). É importante frisar ainda, que os principais fatores que influenciam o crescimento da produção de RSU em áreas sem critérios técnicos ambientais estão diretamente relacionados aos aspectos demográficos e socioeconômicos dos municípios, já que a taxa de geração desses resíduos está correlacionada com a população, o índice de qualidade de vida urbana (IQVU) e a renda *per capita* (DIAS *et al.*, 2012).

A problemática dos RSU no Brasil é expressa especialmente pela diversidade de materiais com alto índice de periculosidade, especificamente ao se tratar de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Nesse montante, em 2017, 40,9% dos resíduos coletados no país foram direcionados para 2.976 vazadouros a céu aberto, somados a 8,8% que não foram coletados, inferindo a sua disposição em locais inadequados (ABRELPE, 2018). Em 2019, foram gerados 79 milhões de toneladas de RSU por ano (ABRELPE, 2020) e diariamente, foram coletadas no país entre 180 e 250 mil toneladas desses materiais.

Referente à disposição final adequada dos RS em aterros sanitários no Brasil, dados do SNIS indicam que 52,7% estão situados na macrorregião Sudeste, 31,4% na macrorregião Sul, 7,9% na macrorregião Nordeste, 6,3% na macrorregião Centro-Oeste e 1,8% na macrorregião Norte. Além disso, a maior proporção de RSU produzidas no Brasil (Tabela 1) disposta em locais e de forma inadequada, especificamente, em vazadouros a céu aberto, isto é, sem o devido licenciamento e controle ambiental, está situada nas Regiões Norte (161), Nordeste (622) e Centro-Oeste (201) (BRASIL, 2019).

Quanto as unidades de triagem (galpões de triagem e usinas), que somam 1.163, atingindo 27,3% do total em operação, a maioria (80,4%) encontra-se nas macrorregiões Sudeste e Sul, que somam 543 e 392 unidades, respectivamente, contrapondo os dados obtidos para a Região Norte, que apresentou apenas 3,26%. De forma geral, em 2019 foram encaminhados para unidades de processamento nas macrorregiões do país, um montante de 75.813.890,8 toneladas de RS (BRASIL, 2019).

Tabela 1 - Quantitativo das unidades de processamento na amostra por macrorregião geográfica do Brasil.

(continua)

Tipo de unidade de processamento	Quantidade de unidades de processamento na amostra por macrorregião geográfica					
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Total
Vazadouro a céu aberto	161	622	98	32	201	1.114
Aterro controlado	41	80	379	43	37	580
Aterro sanitário	11	49	327	195	39	621
Unidade de triagem (galpão ou usina)	38	97	543	392	93	1163
Unidade de compostagem (pátio ou usina)	1	1	53	15	3	73
Unidade de transbordo (RDO+RPU)	1	9	87	66	13	176
Unidade de tratamento por incineração	0	6	7	3	1	17
Unidade de manejo de galhadas e podas	5	6	15	18	0	44
Vala específica de RSS (Resíduos Serviços de Saúde)	5	7	4	2	1	19

Fonte: Adaptado do SNIS (BRASIL, 2019).

Tabela 1 - Quantitativo das unidades de processamento na amostra por macrorregião geográfica do Brasil.

Tipo de unidade de processamento	(conclusão)					
	Quantidade de unidades de processamento na amostra por macrorregião geográfica					
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Total
Unidade de tratamento por micro-ondas ou autoclave	1	3	10	5	0	19
Queima em forno de qualquer tipo	1	0	0	0	0	1
Área de transbordo e triagem de RCC e volumosos (ATT)	0	5	23	25	0	53
Área de reciclagem de RCC (Resíduos de Construção Civil)	0	2	27	6	1	36
Aterro de RCC (aterros inertes)	1	5	54	13	6	79
Outro	4	74	160	18	11	267
Total 2019	270	966	1787	833	406	4262
	6,30%	22,70%	41,90%	19,50%	9,50%	100%

Fonte: Adaptado do SNIS (BRASIL, 2019).

A partir desses dados, Rosini *et al.* (2018) afirmam que a permanência da destinação ou disposição final inadequada dada aos RSU, no Brasil, país em desenvolvimento, ainda é advinda de fatores sociais, culturais, econômicos, políticos, legais, institucionais, técnicos, científicos e ambientais carentes de atuação mais efetiva quanto as questões ambientais, para fornecer respostas abrangentes que permitam alcançar melhor empenho no desenvolvimento socioambiental (RIVERA; HERNÁNDEZ, 2019).

Além disso, a visibilidade do setor informal neste processo é característica marcante em países como o Brasil, notando-se, portanto, a necessidade de integração do setor informal ao sistema formal de coleta destes resíduos. Sendo assim, para uma efetiva gestão pública desses materiais, faz-se necessária uma ação integrada de todos os setores envolvidos de acordo com as especificidades de cada região e da população, fomentado assim, o desenvolvimento sustentável (SILVA *et al.*, 2017).

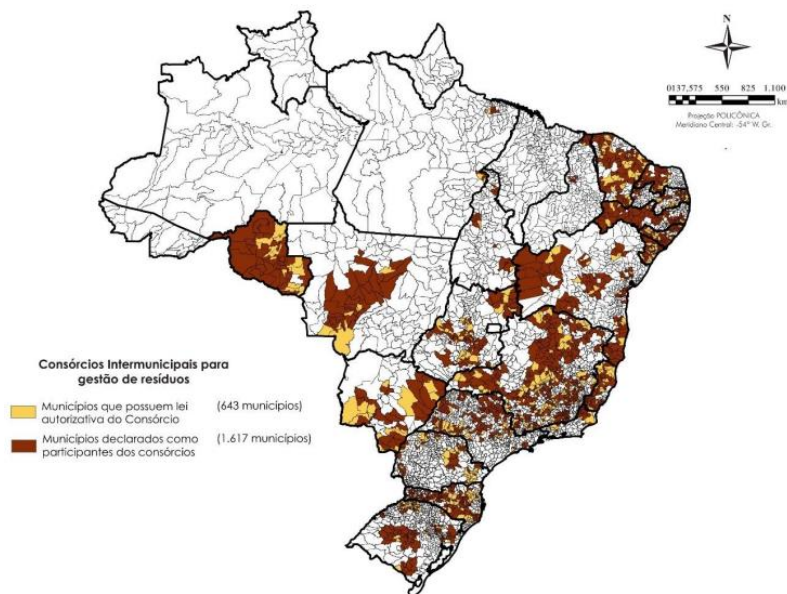
Para contornar esta situação da disposição irregular do RSU e dar suporte a todo o país, com a finalidade de executar a gestão associada de serviços públicos, foi promulgado o Decreto nº 6.017 (BRASIL, 2007), que regulamenta a Lei nº 11.107 (BRASIL, 2005) sobre consórcio público, sendo definido como: pessoa jurídica formada exclusivamente por entes da Federação para estabelecer relações de cooperação federativa inclusive a realização de objetivos de interesse comum, constituída como associação pública, com personalidade jurídica de direito público e natureza autárquica, ou como pessoa jurídica de direito privado sem fins econômicos.

Desse modo, pode-se corroborar que a implantação de consórcios traz consigo a possibilidade de conferir aos municípios membros, prioridade de recursos da União e incentivos fiscais do Estado e que serão priorizados no acesso aos recursos da União os municípios que optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos RSU, incluída a elaboração e implementação de plano intermunicipal, ou que se inserirem de forma voluntária nos planos microrregionais de RS (BRASIL, 2010).

Referente a isto, a análise comparativa, entre as amostras de 2018 e 2019 do SNIS, indicaram que houve um incremento da quantidade de municípios que passaram a integrar os consórcios, mas, uma leve diminuição do número de consórcios, cerca de 4,5%. Parte-se, no ano de 2018, de um total de 199 consórcios e 2.174 municípios consorciados para 190 consórcios e 2.260 consorciados em 2019 (Figura 1).

Em termos percentuais, verifica-se que, exceto para a macrorregião Norte, a quantidade de municípios que integram os consórcios públicos se encontra com percentuais variando de 38,3% no Sul a 47,9% no Sudeste. O índice diferenciado ocorre, então, na macrorregião Norte, cujo valor fica em 18,0%, inferior ao resultado médio do país, que foi de 39,1% (BRASIL, 2019).

Figura 1 - Representação espacial dos municípios integrantes de consórcios públicos intermunicipais para os serviços de manejo de RSU do Brasil.



Fonte: Brasil (2019).

Alusivo a destinação/disposição adequada dos RSU no Brasil, em 2020, as Regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte ainda registraram índices abaixo da média nacional. Na Região Norte, 79% dos municípios ainda encaminharam os RS para aterros controlados ou vazadouros

a céu aberto, sendo os menores índices de cobertura de coleta em Rondônia (78,9%) e Pará (76,7%) (ABRELPE, 2020).

3.3 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA REGIÃO NORTE

Na Região Norte do Brasil, a influência das políticas referentes ao saneamento é explícita por meio de dados estatísticos ao longo dos anos. Referente aos RSU, em 2003, apenas 8,23% dos municípios possuíam um serviço de coleta seletiva na Região Norte, para uma produção de 11.067 t/dia de RSU, onde, 86,61% desses materiais eram dispostos de forma inadequada e apenas 28% dos municípios apresentavam um serviço de limpeza urbana e/ou coleta desses materiais (ABRELPE, 2003). Em 2007, a Região Norte apresentou o menor índice quanto a destinação adequada de RSU, equivalente a 14,8 % (MOTA; ALVAREZ, 2012).

Entre os anos de 2009 e 2015, a geração de RS na Região Norte também foi crescente especialmente no Estado do Pará e Amazonas, da mesma forma que o crescimento populacional (Tabela 2). Em relação a disposição final dos RSU, houve um aumento no mesmo período dos resíduos encaminhados a aterros sanitários (5,4%) e dos encaminhados a vazadouros a céu aberto (1,4%), com redução dos RS encaminhados a aterros controlados (6,8%).

Tabela 2 - Relação da Produção per capita de RSU e do crescimento populacional na Região Norte.

Ano	População urbana (habitante)				Produção de resíduos (Tonelada/dia)			
	2009	2012	2015	Aumento	2009	2012	2015	Aumento
Acre	467.501	550.547	803.513	336.012	423	565	613	190
Amapá	577.072	626.826	766.679	189.607	446	585	681	235
Amazonas	2.630.028	2.842.261	3.938.336	1.308.308	3.250	3.811	4.264	1.014
Pará	5.510.879	5.343.274	8.175.113	2.664.234	5.779	6.164	7.067	1.288
Rondônia	1.039.664	1.168.326	1.768.204	728.540	1.031	1.200	1.461	430
Roraima	345.812	359.226	505.665	159.853	304	354	408	104
Tocantins	911.290	1.119.773	1.515.126	603.836	839	1.075	1.251	412

Fonte: ABRELPE (2009-2015).

A partir desses dados, pode-se perceber que o Estado do Pará registrou o maior aumento na produção de RSU (1.288 t) entre os anos de 2009 e 2015, comparado com os outros Estados da região (ABRELPE, 2008-2017). Por outro lado, o Estado do Pará apresenta os menores índices de produção per capita de RSU (22,2%), entretanto, ainda são dispostos em maior quantidade de forma inadequada (71,8%).

Menores índices de resíduos encaminhados a aterros sanitários são verificados nos Estados do Pará e Amazonas, com um aumento de apenas 1,70% nos dois Estados (ABRELPE, 2009-2015). O Estado que apresentou menores percentuais de redução quanto a disposição de RS em vazadouro a céu aberto (conforme a Tabela 3) foi o Pará (3,10%) (CONCEIÇÃO *et al.*, 2020).

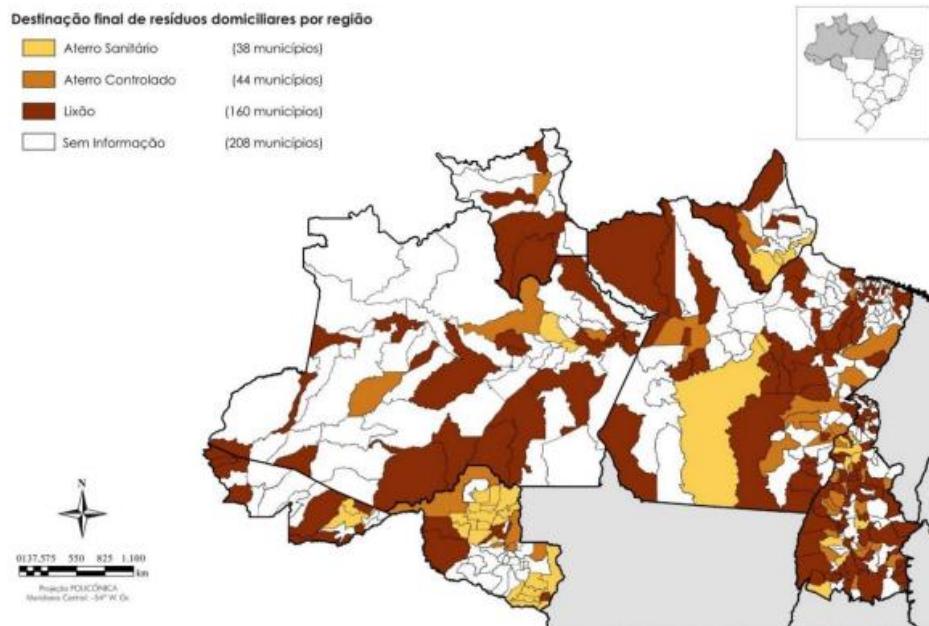
Tabela 3 - Crescimento e redução dos tipos de disposição dos RSU entre os anos de 2009 e 2015, na Região Norte.

	Aterro Sanitário	Aterro Controlado	Vazadouro a céu aberto
Acre	4,40%	-0,40%	-4,00%
Amapá	4,10%	1,60%	-5,70%
Amazonas	1,70%	2,20%	-3,90%
Pará	1,70%	1,40%	-3,10%
Rondônia	-	2,70%	-10,50%
Roraima	2,80%	2,00%	-4,80%
Tocantins	3,00%	0,50%	-3,50%

Fonte: ABRELPE (2009-2015).

Os dados obtidos pelo SNIS em 2019 indicaram que a quantidade de municípios da Região Norte que encaminharam os RSU para aterros sanitários, aterros controlados e vazadouros a céus aberto, foram equivalentes a 38, 44 e 160, respectivamente, sendo que 208 municípios não informaram este questionamento, dessa forma, pode-se concluir que a maior proporção desses materiais ainda recebe disposição inadequada (Figura 2). Sendo assim, nota-se que 46,22% da amostragem total, direciona os RS a locais não identificados e possíveis de ocorrência de irregularidades ambientais.

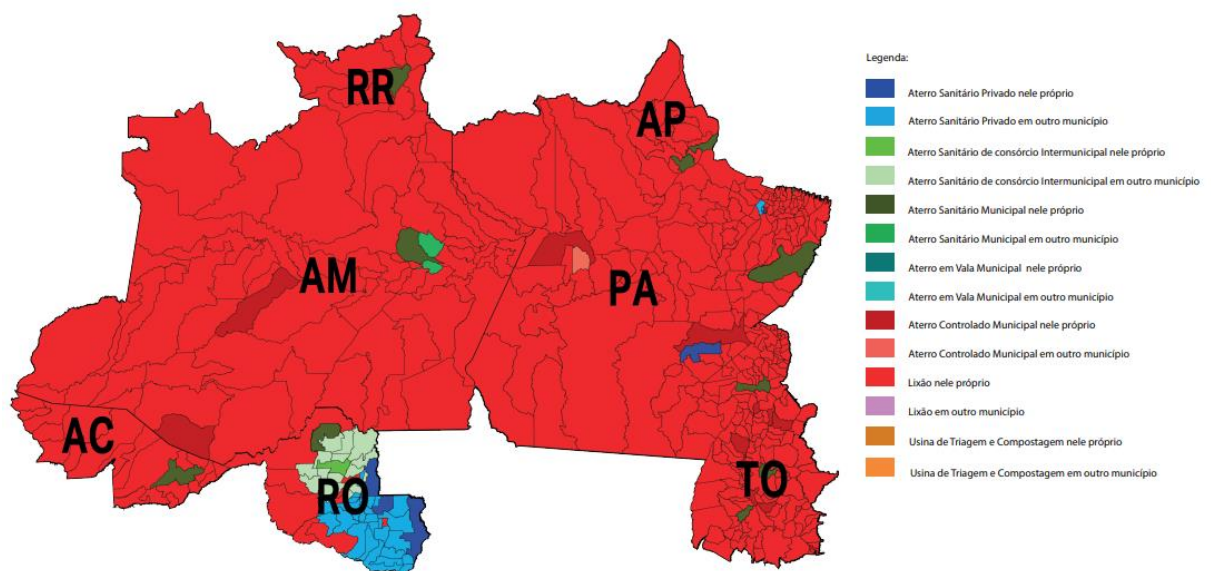
Figura 2 - Representação espacial do tipo de unidade de disposição final dos RSU utilizada pelos municípios - Macrorregião Norte.



Fonte: Brasil (2019)

Em 2020 a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (ABETRE) elaborou mapas com informações sobre a destinação final de RSU, atualizadas em março de 2021, em que é possível observar uma maior representatividade e persistência de aterros controlados e vazadouros a céu aberto como maior alternativa para disposição final dos RS e rejeitos (Figura 3).

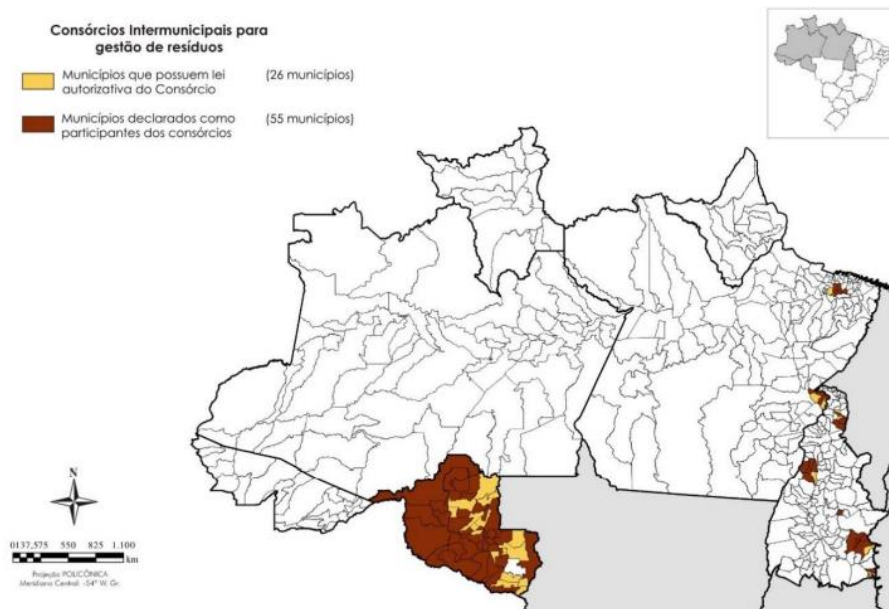
Figura 3 - tratamento e disposição final dos RS na Região Norte.



Fonte: ABETRE (2020).

Como tentativa de minimizar os percentuais de RSU dispostos inadequadamente, os consórcios públicos têm exercido forte influência nas Regiões do país, entretanto, na Região Norte, esta representação (18%) ainda está abaixo da média nacional (Figura 4), e pode estar relacionado com as longas distâncias entre os municípios da macrorregião, fator que dificulta o compartilhamento de infraestruturas e serviços de manejo de RSU (BRASIL, 2019).

Figura 4 - Representação espacial dos municípios integrantes de consórcios públicos intermunicipais para os serviços de manejo de RSU - Macrorregião Norte.



Fonte: Brasil (2019).

Nessa perspectiva, a permanência da disposição dos RSU de forma inadequada na Região Norte do Brasil provoca externalidades negativas a sociedade, ocasionando um elevado grau de vulnerabilidade as parcelas mais pobres e criticidade ambiental (SCHUELER; RACCA, 2018), gerando problemas de saúde pública por conterem uma composição que abriga elementos cada vez mais diversos e perigosos, especialmente, em regiões com precários serviços de saneamento (RICARDO, OROZCO, 2018).

Os municípios brasileiros, em especial, os das Regiões Norte e Nordeste, enfrentam diversos problemas na gestão dos RS, como: limitação financeira, arrecadação insuficiente, tarifas desatualizadas, falta de capacitação técnica, descontinuidade política, falta de controle ambiental e desinformações dos membros da comunidade, que desconhecem os efeitos maléficos dos RSU não gerenciados por um sistema adequado (JARDIM *et al.*, 2015).

3.4 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DO PARÁ

O Estado do Pará é o segundo maior Estado federativo do Brasil, ocupa cerca de 15% do território nacional e possui aproximadamente 1.247.690 km². O referido Estado possui 144 municípios separados em 12 Regiões de Integração (RI), conforme o Decreto Estadual nº 1.066 (PARÁ, 2008) e tem como finalidade auxiliar a execução e o planejamento de políticas públicas, como as ambientais (PEGIRS, 2014).

O órgão responsável pela elaboração de políticas públicas e planos de gerenciamento de RS no Pará é a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas (SEDOP), enquanto a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) é o órgão fiscalizador da execução dos planos e das políticas públicas. O Ministério Público atuante do Pará é responsável pela articulação das políticas públicas para defender a ordem jurídica, o regime democrático e os interesses sociais e individuais indisponíveis, assegurando o exercício pleno da cidadania com ética, probidade, credibilidade, independência, justiça social, transparência, imparcialidade, responsabilidade socioambiental, acessibilidade, celeridade, efetividade e eficiência (CARDOSO *et al.*, 2020).

Nesta vertente, foi elaborado o Plano Estadual de Gestão Integrada de RS do Estado do Pará em 2014, desenvolvido a partir de convênio de cooperação firmado entre a Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA), a Secretaria de Estado de Integração Regional, Desenvolvimento Urbano e Metropolitano (SEIDURB) e o Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Estado do Pará (IDESP), órgão vinculado à Secretaria Estadual de Planejamento, as quais contaram com o suporte técnico de consultoria especializada, tendo em vista atender aos requisitos técnicos estabelecidos em conjunto com equipes técnicas do Ministério do Meio Ambiente e Recursos Renováveis, tendo em vista atender às diretrizes e orientações da PNRS (PEGIRS, 2014).

Referente ao quantitativo de RSU gerados no Estado do Pará, anualmente são equivalentes a 1.646.055 toneladas, apresentando um maior índice gerenciados para vazadouros a céu aberto, fato que corroborou para que no ano de 2018, o montante de RSU alcançasse aproximadamente 35% da quantidade gerada na região, sendo mais elevado do que as outras Regiões do país (ABRELPE, 2020). De acordo com Ribeiro e Mendes (2018), essa quantidade de RSU gerada é inconstante, variando conforme a renda, o modo de vida, a época do ano e o condicionamento das mercadorias.

Segundo dados do SNIS referente ao ano de 2016, de um total de 144 municípios paraenses, apenas 60 detiveram algum tipo de destinação de RS. Em 2018, do total de

municípios desse Estado, apenas 5 (cinco) encaminharam os RS para aterro sanitário (Altamira, Xingu, Marituba, Ananindeua e Belém), 9 (nove) para aterros controlados (Santarém, Paragominas, Rondon do Pará, Marabá, Parauapebas, Canaã dos Carajás, Xinguara, Piçarra, Ourilândia do Norte) e os demais encaminharam para vazadouros a céu aberto e outros locais não identificados (BRASIL, 2019).

Posteriormente, no ano de 2019, houve um avanço de projetos referente ao manejo adequado de RSU, que se tornaram parâmetros para os demais municípios do Estado do Pará, no qual a realidade da gestão e gerenciamento desses materiais, na vila Porto de Trombetas, em Oriximiná-PA, gerou um sistema de tratamento de resíduos e rejeitos feito por meio de coleta seletiva e um aterro dotado de usina de compostagem, usina de tratamento de resíduos reciclável e sistema de incineração de resíduos não recicláveis (PARINTINS, 2019), fato que demonstra resposta as políticas socioambientais existentes.

Outro empreendimento que se destacou neste setor foi a Vale, empresa mineradora que atua no Pará desde 1967. No segundo trimestre de 2019, o Balanço Vale+, que traz os principais investimentos da Vale no Pará, registrou 18 mil toneladas de resíduos destinados para reaproveitamento, reciclagem, reuso e compostagem, entre outras destinações sustentáveis, sendo que tais resíduos eram compostos principalmente por sucatas metálicas, papel e papelão, plástico rígido e maleável (KONDO *et al.*, 2019).

A gestão de resíduos não-minerais na Vale é focada em três frentes: redução da geração de resíduos, principalmente, pela conscientização e atuação das áreas operacionais; valorização dos resíduos, com ações e projetos de inserção em novas cadeias produtivas e novas tecnologias de destinação final; e, controle e desenvolvimento de novos destinatários de resíduos, por meio de processos rígidos de avaliação ambiental, reduzindo os riscos de disposição inadequada de resíduos (BARTOLOMEU; COELHO, 2019).

Em 2019, 52% dos resíduos produzidos pela Vale tiveram destinação sustentável por meio de reprocessamento, reciclagem e reuso, minimização, segregação, rastreabilidade, valorização e destinação apropriada, além de incentivar a geração de emprego e renda a partir de práticas de reciclagem (KONDO *et al.*, 2019), os demais resíduos são destinados para empresas certificadas para correta disposição final. Esse modelo pode ser adotado por instituições públicas e privadas, bem como para auxiliar nas altas demandas encaminhadas a vazadouros a céu aberto.

Outro grande empreendimento de destaque no Pará é a mineradora Hydro, uma empresa industrial no ramo de energia e alumínio. Entre as principais ações ambientais desenvolvidas pelo empreendimento, em Barcarena-PA, ocorreu no primeiro Fórum de Resíduos Sólidos

Urbanos e Educação Ambiental, com o objetivo de promover a reflexão, a troca de experiências e a conectividade de iniciativas positivas na gestão de RSU no município. A ação foi uma realização do Programa Sustentar Barcarena, uma parceria entre Alunorte e Albras (unidades da Hydro) e Prefeitura de Barcarena-PA, iniciado em março de 2018 para dar suporte à implantação da gestão de RS no município (HYDRO, 2018).

O programa prevê a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis, a utilização da educação ambiental como uma política pública estruturante e a implantação de uma unidade de triagem de resíduos recicláveis com o engajamento da população para garantir a gestão eficaz dos RSU. As ações do Sustentar envolvem gestores públicos, lideranças comunitárias, catadores de materiais recicláveis, comércio local, instituições de ensino e pesquisa, empresas e outras partes interessadas (HYDRO, 2018).

Em 2021, as obras da primeira Unidade de Triagem (UT) de materiais recicláveis de Barcarena já contam com equipamentos de processamento dos RSU, como: prensas horizontais e verticais, esteiras de triagem, subestação de energia, empilhadeiras, moega separadora, triturador de papel e triturador de vidro, além de sistema de combate a incêndios. Além disso, será composta de galpões de prensagem e de estocagem de materiais e áreas de carregamento e descarregamento. A UT terá capacidade para processar até 280 toneladas de materiais recicláveis por mês, oriundos da coleta seletiva que será implantada pela Prefeitura de Barcarena (HYDRO, 2021) com a expectativa de que os catadores tripliciem a sua renda mensal, além da mobilidade social para realização de suas atividades em um ambiente seguro e saudável.

Referente aos grandes supermercados atuantes no Estado do Pará, o grupo Líder se destaca pela responsabilidade socioambiental. As lojas deste empreendimento têm caixas ecológicos preferenciais, estações de reciclagem para coleta de RSU, e depósitos Ecolider para descarte de pilhas e baterias usadas (LIDER, 2021).

Dentro do plano socioambiental do Grupo Líder, a Transforma (empresa de coleta e processamento de RS), exerce um papel fundamental, pois coleta os resíduos, tanto das estações de reciclagem instaladas à entrada dos supermercados, quanto das associações e catadores independentes. A planta está instalada num prédio junto ao Centro de Distribuição da Augusto Montenegro (CDAM), Belém-PA. Desse modo, o Grupo Líder é o único do seu segmento a ter uma empresa de reciclagem (LIDER, 2021).

Outro empreendimento destaque no Estado do Pará são as Lojas Americanas, em que o controle de RS é realizado pela área de *facilities* de cada *Fulfillment Center* (etapa da operação que gera o maior número de resíduos) e posteriormente, os dados são compilados pela área de

sustentabilidade, que compara anualmente esses indicadores. A destinação final é realizada por empresas terceiras que enviam relatórios de reciclagem dos resíduos. Por meio da parceria com a Fundação Amazônia Sustentável (FAS), a empresa coletou em 2020 mais de 900 quilos de RS na Amazônia (GUTIERREZ, 2020).

Atualmente, o referido empreendimento participa do Inova 2030, uma iniciativa do Pacto Global, em parceria com a Fundação Dom Cabral e a Liga de Intraempreendedores, que acelerou iniciativas de inovação e sustentabilidade. Para alcançar maior eficiência operacional e redução dos impactos ambientais, foi desenvolvido o projeto Papelão Zero, com a substituição dos contentores tradicionais de papelão por contentores de polipropileno, um polímero isento de bisfenol A (BPA), substância química que apresenta efeitos nocivos à saúde (GUTIERREZ, 2020).

No contexto das empresas que atuam no ramo da reciclagem, de acordo com Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), existem 31 estabelecimentos classificados como empresas de reciclagem e sucateiros no Estado do Pará, entretanto, se localizam em maior representatividade na capital. Vale destacar que esta quantificação é referente aos empreendimentos devidamente registrados e licenciados, ver Quadro 1.

Quadro 1 - Empresas classificadas como recicladoras e sucateiras no Estado do Pará.

(continua)

Empresas	Principais materiais reciclados	Cidade
Viggiano Rei do Ferro Velho LTDA	Borracha, Metal, Papel, Plástico, Pneus	Belém
ECOBEL	Metal, Plástico, Papel/Papelão	Ananindeua
Universo metais	Metal	Ananindeua
PLASPEL indústria e comércio recicláveis	Plástico	Belém
Movimento república de Emaús	Eletrônicos, Metal, Papel, Plástico	Belém
NORPLASA indústria e comercio LTDA	Plástico	Castanhal
ECOPLAST indústria e comércio LTDA	Plástico	Castanhal
3p brasil reciclagem LTDA	Plástico	Castanhal
FACEPA	Papel	Belém
SINACOM sinalização e com LTDA	Papel	Marabá
ECO-SISTEMA reciclagem	Papel, Plástico	Altamira
RIOPEL Comércio de Aparas de Papel LTDA.	Papel, Plástico	Ananindeua
CMT - comércio de metais LTDA	Metal	Belém
Projeto pula-pula ecológico	Papel, Plástico	Itaituba
Reciclagem oliveira cruz LTDA-ME	Plástico	Marabá
ECOPONTO	Metal, Matéria Orgânica, Papel, Plástico	Moju
JHPS comercio de ferragens e serviços de reciclagem LTDA	Bateria, Borracha, Eletrônicos, Lâmpadas, Metal, Pneus, Papel, Pilha, Plástico, Vidro.	Parauapebas

Fonte: CEMPRE (2020); SEMAS (2021).

Quadro 1 - Empresas classificadas como recicladoras e sucateiras no Estado do Pará.

(conclusão)

SOFI	Bateria, Metal, Papel, Plástico, Vidro	Aurora do Pará
Fauna e flora indústria e comércio De reciclagens ltda - ME	Plástico, Metal, Vidro	Ananindeua
LWART lubrificantes LTDA	Óleo	Ananindeua
Indústria e comércio de materiais Recicláveis da Amazônia LTDA - RECICLEAN	Plástico	Belém
Plásticos Koury LTDA - PLASTIKO	Plástico	Castanhal
PLATIBEL indústria e comércio de plásticos	Plástico	Marituba
RECICLEL BORRACHAS	Embalagens Longa Vida, Plástico	Parauapebas
FARINORTE	Óleo, Gordura animal	Santa Isabel do Pará
Recicla bem indústria e comércio De produtos reciclados LTDA	Plástico	Santarém
S.O.S. reciclagem EIRELI LTDA	Plástico, Tecido, Vidro	Ananindeua
ALLOYS Pará reciclagem de metais LTDA	Metal	Barcarena
MAZOPEÇAS comércio e serviços de reciclagens LTDA EPP	Metal	Belém
PARAPLAST recuperação de material plástico e comércio de resíduo e sucata LTDA	Plástico, Metal, Papel	Marituba
SUCATARIA NORTE LTDA	Madeira e Metal	Santa Isabel do Pará

Fonte: CEMPRES (2020); SEMAS (2021).

Dentre as empresas citadas, a Viggiano Rei do Ferro Velho é uma das mais antigas do setor de RS, completou 44 anos de atuação em Belém em 2021. Sua especialidade é o trabalho com as sucatas ferrosas, mas, desde 2008 começou a comercializar também outros produtos da reciclagem (PET, PEAD, PP duro e plástico filme), e os aglomerados de papel e papelão. Também trabalha com os metais nobres, como alumínio, cobre, inox, níquel e zamak (ACIOLI, 2014).

A matéria-prima da Viggiano Rei do Ferro Velho são os resíduos comprados de catadores, de atravessadores, de outros sucateiros, de indústrias e do comércio da região, com aproximadamente trinta grandes fornecedores de resíduos, dentre estes, estão algumas empresas de transporte e de ônibus (Perpetuo Socorro, Paratuck, Viação Forte, Boa Esperança, Viação Princesa), e, empresas de envasamento de água mineral e de bebidas (Indaiá, Bellagua, Naturalle, Água Coco, Cerpasa, Compar, que representa a Coca-Cola) (ACIOLI, 2014).

A Riopel Comércio de Aparas de Papel, é outro empreendimento em destaque no setor de reciclagem. A empresa foi fundada em 1985 para atuar com aparas de papel, sucata de ferro e lata de aço; PET, PEAD, plástico filme etc. A Riopel é considerada a maior empresa de reciclagem de aglomerados de papel da região de Belém e do Estado do Pará, onde o

faturamento mensal ultrapassa a cifra dos 2,2 milhões de reais, movimentando um volume estimado de quase 4.500 toneladas por mês de material reciclável (ACIOLI, 2014).

A Riopel fecha acordos de compra e de coleta de materiais recicláveis com diversas empresas, como redes de supermercados, de farmácias, de *Shopping Center*, de gráficas e papelarias, indústrias, usinas, cooperativas e associações de catadores atuantes em Belém. Para isto, são depositados containers nos locais, e, após preenchidos, realiza-se a coleta, substituindo por outro container vazio (PARÁ, 2020).

Entretanto, a persistência da disposição inadequada dos RSU no Pará é um problema socioambiental sustentado, especialmente, pela carência de uma atuação mais expressiva e efetiva em PGRS e parcerias mais eficientes com os empreendimentos de reciclagem já atuantes no Estado (KLEINB *et al.*, 2018; CHIERRITO-ARRUDA *et al.*, 2019). Dessa forma, são inevitáveis os impactos gerados, especialmente pelas características dos variados resíduos inertes, tóxicos, orgânicos, inorgânicos, perigosos, recicláveis ou não (GOMES, PINTO, 2015; MICHALAKE *et al.*, 2016; QUEIROZ; VIEIRA, 2018; ABREU; HENKES, 2019).

3.5 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM CASTANHAL-PA

No contexto municipal, Castanhal, localizado na Região Norte do Brasil, especificamente no estado do Pará, apresenta o Plano Diretor Participativo (PDP 2007-2016), outorgado através da Lei nº 015 (CASTANHAL, 2006), na qual consta a necessidade de serem elaboradas metas para definição de bases sólidas para o desenvolvimento sustentável do município, como no manejo adequado e seguro dos RS, objetivando a melhora da qualidade de vida da população, a preservação do meio ambiente e do crescimento econômico região.

Dividido em 06 (seis) seções, o referido plano contempla diretrizes e ações a curto, médio e longo prazo, para desenvolvimento regional. Para isto, a proposição de um sistema de utilização consciente dos espaços urbanos e rurais do município foi fator primordial. Todavia, fatores geográficos, históricos, culturais, sociais, econômicos e ambientais acabaram por inviabilizar determinados parâmetros de ação. Com isso, observa-se uma realidade não condizente com a verificada no município de Castanhal-PA (LIMA *et al.*, 2019).

Segundo Marino *et al.* (2018) os municípios de pequeno e médio porte, como Castanhal-PA, são os que enfrentam os desafios mais significativos com a gestão de RSU e a implementação de soluções e planos práticos, devido às limitações econômicas, acesso inadequado a tecnologias, dificuldade de organização de planos de RS adequados e treinamento técnico inadequado de profissionais. Além disso, o volume quanto a geração de RS, geralmente

é correlacionado com o nível de renda e taxas de urbanização, emergindo assim a necessidade de associação em consórcios intermunicipais de gestão de RS (KAZA *et al.*, 2018).

Sendo assim, gerenciar RS é um processo intensivo para os municípios que precisam de capacidades em aquisição econômica, gestão de contratos, gestão de trabalho profissional e muitas vezes sindicalizada, experiência contínua em capital e operacional de orçamento e finanças, além de requerer um forte contrato social entre o município e a comunidade (HOORNWEG; BHADA-TATA, 2012).

O gerenciamento dos RS deve ser executado com base no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Este plano é uma condição fundamental para os municípios terem acesso a recursos da União, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de RSU, para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito (OLIVEIRA; GALVÃO JUNIOR, 2016).

Constatada a precariedade do cenário de gestão/gerenciamento dos RS, alternativas se impõem como necessárias para torná-lo mais sustentável e integrado (GARCIA; CANDIANI, 2017), como o PMGIRS que objetiva atender as premissas da PNRS por meio de ações normativas, operacionais e financeiras, e, propor planos de ação que estabeleçam um controle efetivo da gestão dos RSU para garantir a preservação ambiental e proteção à saúde pública (HENRIQUE; BEZERRA, 2016).

Para Klein, Gonçalves-Dias e Jayo (2018) a gestão integrada de RSU baseia-se nos princípios do desenvolvimento sustentável e busca necessária flexibilidade e especificidade das condições locais, com soluções sistêmicas, baseadas em princípios que permitam o desenvolvimento de soluções adequadas e compatíveis com a realidade e a necessidade dos municípios.

Siqueira *et al.* (2017) sustentam que a deficiência nos serviços de saneamento acarreta diversos impactos negativos sobre a saúde da população, pois além de prejudicar a saúde individual, eleva os gastos públicos e privados com o tratamento de doenças. Mesmo assim, complementam que a precariedade no serviço de saneamento básico (coleta e manejo de RS) não é uma exclusividade desse serviço.

Além disso, as ações municipais que envolvem as questões relacionadas à gestão dos RS devem ser realizadas de forma ambientalmente adequada e de forma integrada, envolvendo a sociedade civil, o poder administrativo nas esferas: federal, estadual e municipal, e do setor privado. Essas ações devem ser orientadas e realizadas com base nos princípios, objetivos, meios, diretrizes e metas de legislações vigentes (CARDOSO FILHO, 2014).

Neste viés, a partir da PNRS em seu art. 19 (BRASIL, 2010), fica explícito que os municípios devem implantar planos municipais de gestão de RSU como uma estratégia de melhoria da gestão, para promover melhorias na coleta seletiva e na qualidade de vida da comunidade e dos catadores, sendo o PMGIRS uma das principais ferramenta deste processo.

Consoante a isto, Silva *et al.* (2017), Pereira *et al.* (2018) e Lisbôa *et al.* (2020) explicitam que para uma efetiva gestão pública dos RSU é necessária uma ação integrada e de variáveis da cadeia, como levantamento de dados estatísticos e avaliação das condições atuais de locais para disposição final de resíduos e rejeitos, para subsidiar a tomada de decisão por meio de diagnósticos e previsões utilizadas para a promoção de políticas específicas (distributiva e regulatória).

O município de Castanhal ainda não possui um PMGIRS, mas, a lei Nº 033 (CASTANHAL, 2017) ratificou o protocolo de intenções e autorizou no dia 07 de dezembro de 2017 o ingresso do município de Castanhal no consórcio intermunicipal para a gestão integrada de RSU (CONCISS), sendo aprovada pela câmara municipal de Castanhal e sancionada pelo então prefeito municipal, Pedro Coelho da Mota Filho.

Em nível municipal, a PNRS prevê a formação de consórcios intermunicipais para gestão dos RSU, além de incentivar a contratação de cooperativas ou associações de catadores e materiais recicláveis. Estas previsões estão diretamente ligadas aos princípios da referida lei, que englobam a visão sistêmica, a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, e o reconhecimento do RS como bem econômico, gerador de trabalho e renda (BRASIL, 2010).

Sendo assim, em setembro de 2019, o município de Castanhal -PA assinou o estatuto do consórcio intermunicipal de gestão integrada de RSU com mais quatro municípios limítrofes (Inhangapí, Santa Maria do Pará, Santa Isabel do Pará e São Francisco do Pará), registrado sob o CNPJ Nº 35.413.198/0001-1, e é pautado na Norma NBR 13.896 (ABNT, 1997) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e as legislações em âmbito Federal e Estadual, vigentes.

A metodologia adotada para a seleção da área com maior viabilidade para a implantação do aterro sanitário consorciado foi a estabelecida através da Norma NBR 13.896 (ABNT, 1997), a qual estabelece critérios técnicos, econômico-financeiros e político-sociais. A estratégia a ser adotada para a seleção da área do novo aterro, consiste na seleção preliminar das áreas disponíveis no município, estabelecimento do conjunto de critérios de seleção, definição de prioridades para o atendimento aos critérios estabelecidos e análise crítica de cada uma das áreas levantadas frente aos critérios estabelecidos e priorizados, selecionando-se aquela que atenda à maior parte das restrições de seus atributos naturais (MELO-JUNIOR, 2020).

O CONCISS habilita o grupo de municípios a receberem recursos da União e do Estado para gerir os RSU, dentro do preconizado pela PNRS (CASTANHAL, 2019), com a finalidade de desenvolvimento regional (Quadro 2).

Quadro 2 - Objetivos do consórcio de Castanhal-PA.

	Intenção do consórcio
01	Servir como instrumento de desenvolvimento da Região do Nordeste do Pará através da soma de forças políticas, econômicas, sociais, sustentáveis e ambientais em todo o território de abrangência deste consórcio.
02	Priorizar a liberação de recursos da União e do Estado do Pará.
03	Firmar Convênios, Contratos, Acordos e Receber Auxílios de Entidades e Órgãos do Governo.
04	Promover Desapropriações e Instituir Servidões.
05	Dispensa do Processo Licitatório para contratação de serviços, comercialização de bens e disponibilização de soluções tecnológicas pelos Entes Consorciados.
06	Cobrar e Arrecadar Tarifas, Taxas de Limpeza Urbana etc.
07	Permitir, Conceder ou Autorizar Obras
08	Servir como Instrumento de Desenvolvimento Social.
09	Atender ao Interesse Público Comum.
10	Articular ações de cidadania para beneficiar e mitigar problemas nas comunidades carentes dentro da atuação do consórcio.
11	Promover a inclusão social e financeira dos catadores de lixo por meio de suas cooperativas instaladas nos Municípios aderentes.
12	Representar seus membros em assuntos comuns perante as entidades públicas e privadas, nacionais e internacionais e não-governamentais.
13	Operacionalizar áreas através de parcerias, permitindo a criação de parcerias público-privadas (PPP's).
14	Apoiar técnica e financeiramente ações voltadas para o melhoramento de indicadores sociais e combate a pobreza.
15	Desafogar o Sistema Público de Saúde por meio de ações preventivas de proliferação de doenças, principalmente em comunidades carentes, provenientes da disposição inadequada dos resíduos sólidos
16	Promover a educação ambiental para o uso consciente do meio ambiente e evitar desperdícios.

Fonte: Pará (2017).

O prazo de duração do CONCISS é por tempo indeterminado. O consórcio terá sede e foro no município de Castanhal, onde funcionará o escritório central com núcleos administrativos nos municípios membros. Os municípios que pretendem estabelecer consórcio público estão compreendidos na área territorial da região integrada do Guamá, nordeste do Estado do Pará (PARÁ, 2017).

Em relação as unidades de processamento de RSU privadas, entende-se que o responsável pelas informações seja o município no qual a unidade resida, já que, em princípio, como titular do saneamento dos RSU ele deve exercer a fiscalização do correto manejo dos resíduos mediante a obtenção dos dados operacionais. Portanto, cabe a esse município, que abriga a unidade, coletar junto ao agente privado as informações solicitadas, relativas não só às suas características, mas também às quantidades recebidas de todos os outros municípios que encaminharam os RSU para aterramento no ano de referência (BRASIL, 2019).

Para Rosa, Diaz-Becerra e Lunkes (2016), a sustentabilidade ambiental em municípios tem se tornado uma discussão mundial realizada pela academia e pela sociedade devido aos problemas ambientais enfrentados nas últimas décadas e como reflexo do aumento da população tem-se demandado uso intenso dos recursos naturais (GARCÍA-GUAITA *et al.*, 2018). Nesse sentido, caracterizar, avaliar e mensurar os danos ambientais desses espaços são instrumentos de ações eficazes, utilizados como premissas básicas para adoção de medidas mitigadoras.

3.6 VAZADOUROS A CÉU ABERTO

Os vazadouros a céu aberto representam a forma mais primitiva em termos de disposição final dos RS (FRANKENBERG, 2011), pois são responsáveis por diversos problemas socioambientais, como por exemplo: poluição/contaminação dos recursos naturais e exposição da qualidade de vida dos catadores, quando atuam nestas localidades, por haver a proliferação de macro vetores de doença (cachorros, gatos, ratos, urubus, pombos), micro vetores de doença (mosquitos, bactérias e fungos) e também fogo, fumaça, poluição visual e odores indesejáveis (GOMES *et al.*, 2019).

Nessas áreas, não há preparo do solo para receber os RS e rejeitos, deixando-o totalmente vulnerável a impactos físicos, químicos e biológicos. Sendo assim, os RSU ficam expostos e sem monitoramento ambiental ou técnico, representando uma fonte de impactos/danos ambientais dada as características e a falta do controle dos efluentes gerados no processo de degradação ou estabilização da matéria orgânica (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Além disso, há a liberação de gases para a atmosfera, especialmente o metano (CH₄) e a presença de animais vetores e transmissores de doenças, como a leptospirose e a dengue (ALVES *et al.*, 2013).

Entretanto, a utilização dos vazadouros a céu aberto como forma de disposição de RSU, ocorre muitas vezes, devido à limitação financeira dos municípios, falhas na administração pública e à falta de mão de obra qualificada, consistindo numa forma inadequada e ilegal de controle de RS, podendo afetar áreas além dos limites utilizados para disposição final desses materiais (LIRA, 2009).

No contexto dos limites onde ocorre os impactos/danos socioambientais em vazadouros a céu aberto, destaca-se a Área Diretamente Afetada (ADA), que compreende a extensão utilizada para disposição final de RSU e rejeitos. A delimitação deve ser em função das características sociais, econômicas, físicas e biológicas e das particularidades da atividade, em

que é imprescindível um diagnóstico ambiental que busque avaliar o nível de degradação desses locais, promovendo a escolha da técnica mais adequada para a recuperação da área (AZEVEDO *et al.*, 2015).

A Área de Influência Direta (AID) compreende a área geográfica diretamente afetada por danos de segunda ordem, decorrentes da disposição final dos RSU e rejeitos. Corresponde ao espaço territorial contíguo, e, portanto, passíveis de serem influenciados, positiva ou negativamente pela atividade. Além disso, compreende a área útil e potencial de um vazadouro a céu aberto e o seu entorno (GOMES *et al.*, 2017).

Entende-se como Área de Influência Indireta (AII) aquela na qual potencialmente incidirão impactos/danos de ordem superior a segunda ordem, derivados da implantação, da operação e do encerramento da atividade. Assim, a AII deve abranger os ecossistemas e o sistema socioeconômico que podem ser potencialmente impactados por alterações derivadas daquelas ocorridas na AID (GOMES *et al.*, 2017).

A Lei nº 11.445 estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e esclarece em seu art. 3º, que “a limpeza urbana e manejo de RSU são um conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do RS doméstico e dos resíduos originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas”, fatores que inexistem em municípios que não possuem um PGIMRS como em Castanhal-PA, e corrobora para impactos negativos nas áreas de influência desta atividade, especialmente nos locais inadequados de disposição final dos rejeitos (BRASIL, 2007).

Entretanto, para erradicação de locais como os vazadouros a céu aberto e o uso dos aterros sanitários como sistema de disposição final, é válido ponderar que quando encerrados, há a minimização dos impactos ambientais negativos decorrentes da atividade, mas, após sua desativação, é observada uma área que sofreu degradação ambiental, necessitando, assim, de um projeto de recuperação, de forma a reduzir os impactos/danos decorrentes de sua existência (SILVA *et al.*, 2020), com a elaboração de um plano de recuperação e revegetação, além do monitoramento constante para avaliar a dinâmica das espécies implantadas e de sucessão da área (RESENDE *et al.*, 2015).

3.7 ÍNDICES E INDICADORES DE IMPACTO/DANO EM VAZADOUROS A CÉU ABERTO

As atualizações das áreas do conhecimento científico como o desenvolvimento socioeconômico e ambiental, induzem a necessidade da incorporação de um acervo de

dimensões e indicadores que buscam compreender o seu processo de construção, fazendo com que haja uma crescente demanda por índices que demonstrem as relações socioeconômicas, políticas, institucionais, e, incorporando os parâmetros ambientais para qualificar, por exemplo, os sistemas de disposição final de RSU, o que resulta em indicadores de desenvolvimento sustentável (MARTINS; CANDIDO, 2012).

Em relação a isso, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2018) apontam que os municípios da região amazônica possuem baixos índices de saneamento básico, incluindo o gerenciamento e disposição final de RS. Os municípios da Região Norte do Brasil são os que possuem os piores indicadores de qualidade de saneamento (ALVES *et al.*, 2020).

De acordo com o Decreto nº 7.217 (BRASIL, 2010), que regulamenta a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), a prestação de serviços públicos de saneamento básico deve abranger no mínimo o diagnóstico da situação e dos impactos/danos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores de saúde, epidemiológicos, ambientais, inclusive hidrológicos, e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas a partir da sistematiza de indicadores como uma ferramenta de grande importância para o diagnóstico do saneamento dos municípios.

No contexto dos indicadores, são parâmetros selecionados e considerados de forma isolada ou conjunta com outros fatores para refletir as condições do sistema em análise. Além disso, são variáveis que permitem avaliar as modificações originadas por uma ação ou influência em determinado sistema (CALIJURI; CUNHA, 2013) e, deve ser correspondente com a realidade local, ser de fácil acesso para qualquer usuário e ter simplicidade ao indicar os resultados, para uma fácil interpretação dos dados obtidos (MENEZES, 2007).

Referente aos índices, são valores que expressam a agregação matemática de informações numéricas, sendo portanto, um conceito vinculado à estrutura formal de cálculo, para interpretação da realidade de sistemas simples ou complexos nos meios antrópicos, ambientais e econômicos, a partir de bases científicas e métodos preestabelecidos e aplicáveis (SICHE *et al.*, 2007), constituindo um suporte ao planejamento, a autoanálise e a avaliação de desempenho sobre uma dada realidade, de modo que a estatística indique tendências de aumento ou diminuição da eficiência dos serviços e infraestrutura implantados.

O uso desses índices de qualidade orienta os gestores ambientais à adequação de sistemas de disposição final de RSU quanto à segurança ambiental e à legislação, bem como o fechamento nos casos em que sejam exigidas tais medidas (ZAMORANO *et al.*, 2005). Além disso, a aplicação dos índices objetiva a organização dos dados da área, objeto de pesquisa,

assim como a análises e monitoramento ambiental e a percepção da administração pública, voltadas para a gestão ambiental adequada dessas áreas (BARROS *et al.*, 2020).

Os índices são instrumentos que medem cada indicador, atribuindo-lhe valores numéricos que resultam da combinação de várias variáveis ou parâmetros, assumindo um peso relativo a cada componente do índice. Eles permitem observar e acompanhar a situação do meio ambiente, o impacto e as consequências dos processos de desenvolvimento sobre os recursos naturais, as funções ecológicas e as inter-relações entre os diferentes fatores do desenvolvimento, avaliar tendências, realçar condições ambientais específicas e auxiliar os tomadores de decisão na avaliação da efetividade de programas do governo, fornecendo informações importantes para o planejamento estratégico de maneira simplificada (MONTEIRO, 2006).

Quanto a elaboração do índice, os indicadores são agregados, geralmente de forma ponderada, resultando em valores adimensionais que expressam uma situação complexa de maneira compacta e objetiva (OGATA, 2014; SUTADIAN *et al.*, 2017). Assim, Juwana *et al.* (2012) sugerem que primeiramente sejam escolhidas as variáveis, seguido pela normalização, ponderação, agregação e análise dos resultados para validação do índice. O princípio desta construção ocorre por meio da investigação de um fenômeno e o máximo de suas particularidades, retratando as características da área de pesquisa e os problemas a ela relacionados (LOPES *et al.*, 2016).

A agregação de indicadores para a formação dos índices, exige geralmente, que diferentes medidas sejam transformadas em uma escala comum (MONTEIRO, 2006), acompanhada pelo desenvolvimento de um esquema que tenta expressar a distribuição diferencial de cada um dos dados, conforme critérios específicos de decisão. Entre os critérios de padronização ou uniformização de indicadores, podem ser mencionadas as funções lineares (contínuas ou segmentadas), funções não lineares (contínuas ou segmentadas) e o método de normalização.

3.8 ÍNDICE GLOBAL DE IMPACTO/DANO AMBIENTAL

No contexto legislativo, a Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece a análise das alternativas de projeto/atividade, como em vazadouros a céu aberto, sobretudo, da previsão de magnitudes e a interpretação da importância dos prováveis impactos delas decorrentes, discriminando: os positivos e negativos (benéficos e adversos); os diretos e indiretos; os imediatos, a médio e longo prazos; os temporários e permanentes; o grau

de reversibilidade; as propriedades cumulativas e sinérgicas; e a distribuição dos ônus e benefícios sociais (BRASIL, 1986).

Entretanto, as normas brasileiras determinam análises para previsão de magnitudes e interpretação da importância dos impactos, discriminando parâmetros para os quais não há orientação quanto ao entendimento, nem tão pouco existe uma padronização para o relacionamento das variáveis (SÁNCHEZ, 2006; CARVALHO *et al.*, 2016). Logo, a falta de critérios e de padronização nos procedimentos de análise tem prejudicado o adequado tratamento dos dados e respectiva tomada de decisões (BRESSANE *et al.*, 2017).

Além disso, as pesquisas sobre avaliação de impactos ou danos ambientais utilizam em grande maioria a aplicação de matrizes de interação de forma subjetiva em sistemas de disposição final de rejeitos e, em pesquisas de outros setores como: produção de tabaco (FALK *et al.*, 2019); em obras de engenharia costeira, (FARINACCIO; TESSLER, 2010); na produção de morangos (GEBLER; LONGHI, 2018); avaliação de impacto ambiental para atividade de parque eólico (JOSIMOVIC *et al.*, 2014). Entretanto a abrangência da aplicação das matrizes nas pesquisas, nacionais e internacionais são demasiadamente subjetivas e sem padronização dos critérios e das ponderações.

De forma geral, as ferramentas utilizadas para avaliação de danos ou impactos ambientais (Métodos *Ad hoc* e Delphi; Método Batelle; Métodos de Leopold e de Fisher Davies; Método IMPACT; Método KSIM e Método McHarg) não são compatíveis com as condições socioeconômicas e políticas de países como o Brasil, tornando necessárias adaptações, através de modificações e/ ou revisões para que sejam realmente úteis na tomada de decisão de um projeto/atividade (OLIVEIRA; MOURA, 2009; BRESSANE *et al.*, 2018).

Além disso, tais métodos não geram valor final único, dificultando análises ambientais comparativas de forma direta e sistemática, motivação pela qual Bressane *et al.* (2017), desenvolveram e aplicaram um Índice Global Impacto/dano (IGD) para essa finalidade, argumentando que: o atendimento de tais diretrizes requerem um procedimento metodológico que proporcione satisfatória clareza na estrutura de integração dos dados e aplicação dos critérios na avaliação, pois se trata de uma decisão quanto ao tratamento dos casos de atividades irregulares, como no caso de vazadouros a céu aberto, o que representa fator de alta relevância para a gestão da qualidade ambiental.

Para tanto, a construção do IGD baseou-se na sistematização de operações matemáticas abrangendo ponderações de magnitude (μ) e importância (i) cujo equacionamento indica a significância (σ) do impacto/dano das alternativas da atividade avaliada. Os parâmetros foram definidos em atendimento à legislação aplicável (BRASIL, 1986).

Assim, propõe-se que os parâmetros de duração, extensão e intensidade correspondam a ponderadores de quantificação da magnitude dos impactos/danos. Da mesma forma, a acumulação, a reversibilidade e a sensibilidade são aplicadas como ponderadores para qualificação de sua importância (Quadro 3).

Quadro 3 - Parâmetros ponderados do Índice Global de Impacto/dano.

Atributo	Ponderador (Pj)	Fator	Modificador (mkj)	Peso (wkj)
Magnitude (μ)	Duração (P1)	Tempo de permanência do dano	Curta a média (m11)	1/9 (w11)
			Longo prazo (m21)	2/9 (w21)
			Permanente (m31)	3/9 (w31)
	Extensão (P2)	Abrangência espacial do dano	Pontual (m12)	1/9 (w12)
			Local (m22)	2/9 (w22)
			Regional (m32)	3/9 (w32)
	Intensidade (P3)	Grau de modificação dos atributos ambientais	Baixa (m13)	1/9 (w13)
			Média (m23)	2/9 (w23)
			Alta (m33)	3/9 (w33)
Importância (i)	Acumulação (P4)	Melhoria ou agravamento das alterações	Ausente (m44)	0 (w44)
			Incerta (m54)	2/9 (w54)
			Presente (m64)	3/9 (w64)
	Reversibilidade (P5)	Capacidade de retorno à uma situação de pré-distúrbio	Sim (m45)	1/9 (w45)
			Talvez (m55)	2/9 (w55)
			Não (m65)	3/9 (w65)
	Sensibilidade (P6)	Tolerância a alterações nos atributos ambientais	Nula (m46)	0 (w46)
			Parcial (m56)	2/9 (w56)
			Total (m66)	3/9 (w66)

Fonte: Bressane *et al.* (2017).

Dessa forma, enquanto os ponderadores (P_j) constituem parâmetros que quantificam a magnitude (μ) do impacto/dano e qualificam sua importância (i), os modificadores (mk_j) correspondem às classes que caracterizam a condição avaliada para cada um desses parâmetros, em conformidade com a que são atribuídos os pesos (wk_j).

Logo, conhecer e compreender este índice e os impactos/danos gerados por determinados empreendimentos, significa ampliar a visão de mudança de atitudes necessárias para que se possa atingir a sustentabilidade (DIAS, 2015).

3.9 CONDIÇÕES DAS INSTALAÇÕES DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS

A partir da análise de instrumentos de Gestão Ambiental visando a qualificação dos sistemas de disposição final de RSU através de levantamentos e avaliações sobre as condições sanitárias desses locais, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) desenvolveu, em 1997, o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQAR). Desde então, se consolidou como uma ferramenta de gestão ambiental oficializada

para aplicar e sistematizar as informações obtidas em sistemas de disposição final de RSU, resultando no índice destes locais (BARROS *et al.*, 2020).

No Estado do Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), vinculado à Secretaria de Estado do Ambiente (SEA), publicou a norma operacional NOP-INEA-31 para a elaboração do índice de qualidade de destinação final de RSU, definindo indicadores de qualidade operacional de aterros sanitários e a metodologia para a constituição do Índice de Qualidade de Destinação Final de Resíduos (IQDR) (INEA, 2015). Confrontando os indicadores propostos em ambas as metodologias, é possível inferir que o Estado do Rio de Janeiro utilizou a base do IQR paulista para a constituição do IQDR, acrescentando indicadores e modificando os valores de significância dos pesos propostos pela equipe técnica da CETESB. É notório que ambos os índices foram desenvolvidos com o mesmo propósito, comparar e aferir as ações do Estado para o controle e a remediação dos locais de disposição final, fornecendo subsídios técnicos para o desenvolvimento de políticas públicas, de programas de gestão ambiental e de ações de monitoramento e controle ambiental (CUNHA *et al.*, 2020).

A avaliação das condições de disposição final de RS pode ser realizada por meio do IQAR, que considera a avaliação de três aspectos: características do local, infraestrutura implantada e condições operacionais (MARINHO; OLIVEIRA, 2013), para acompanhar a situação do meio ambiente, o impacto/dano, as consequências dos processos de desenvolvimento sobre os recursos naturais, as funções ecológicas e as interrelações entre os diferentes fatores do desenvolvimento, dessa forma representando um importante instrumento de decisão para subsidiar a continuidade de operação ou o fechamento dessas áreas (ANDRADE *et al.*, 2013).

Conforme expresso no Manual de Gerenciamento Integrado, o IQAR é apenas exemplificativo, o que permite alterações (CEMPRE, 2018). Em relação a isso, Guimarães (2009) fez uso de indicadores de qualidade ambiental para o monitoramento do aterro sanitário localizado no município de Alta Floresta (MT). O IQAR obtido foi equivalente a 3,2, que representa uma condição inadequada de funcionamento do aterro.

Guerra *et al.* (2010) com a finalidade de realizar um diagnóstico do aterro de disposição de resíduos do município de Taquarituba-SP empregaram a metodologia do IQAR, levando em consideração as características do local, a infraestrutura implantada e as condições operacionais e o resultado obtido foi de 4,46, o que indicou condições inadequadas para o aterro.

Posteriormente, Hamada (2011) fez a utilização do IQAR para verificar a sustentabilidade de três aterros sanitários em municípios do Estado de São Paulo. O município de Lençóis Paulista apresentou condição não adequada para resíduos de serviço de saúde e de

construção civil, apesar da licença ambiental existente, o que também pôde ser observado em Bauru. Mas, uma situação diferente foi diagnosticada em Sorocaba, uma vez que as licenças ambientais do aterro sanitário estão adequadas, por isso, foi a única cidade com valor máximo para o parâmetro Licença Ambiental, com um IQR 10.

Da mesma forma, Santos *et al.* (2012) tiveram por objetivo aplicar o IQAR para avaliar o sistema de disposição final do município de Anápolis-GO, a fim de aprimorar mecanismos de controle sanitário e ambiental. Com isso, foi possível classificar o sistema de disposição final de resíduos, em condições controladas de funcionamento, tendo como resultado a nota 8,0 (oito).

A partir da aplicação do IQAR no aterro sanitário de Palmas-TO, Marinho e Oliveira (2013) avaliaram que a área alcançou um total de 84 (oitenta e quatro) ponto, que, com base na metodologia, gerou um índice de 6 (seis) ponto, sendo avaliado com condições inadequadas de funcionamento. Andrade *et al.* (2013) também encontraram resultado semelhante para o aterro sanitário de Palmas-TO, o que ressalta a segurança do instrumento utilizado para avaliação do aterro.

Outrossim, Pereira e Curi (2017) fizeram a aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos sólidos urbanos no Aterro Sanitário de Puxinanã-PB, com objetivo de analisar a sustentabilidade do sistema de disposição final dos rejeitos, obtiveram como resultado uma qualificação inadequada $IQR=1,8$.

Desse modo, nota-se a disseminação desta ferramenta para qualificação das condições de aterros de resíduos no Brasil, sendo abordada de forma que forneçam à gestão pública uma visibilidade das reais condições desses locais, bem como, subsidiarem a formulação de projetos e políticas específicas quanto a gestão integrada dos RSU que consiste num processo que envolve as ações relativas à tomada de decisões políticas e estratégicas, quanto aos aspectos institucionais, administrativos, operacionais, financeiros, sociais e ambientais (ALBERTIN *et al.*, 2011).

Ademais, para o processo de desenvolvimento da melhoria da qualidade dos municípios, das grandes cidades e dos serviços de saneamento básico deve-se considerar o uso de indicadores, objetivando a qualidade socioambiental. Estes indicadores são relevantes e visam diagnosticar as demandas existentes, verificar os resultados e impactos obtidos e influenciados pelo crescimento desordenado e o planejamento urbano inadequado, pela carência de infraestrutura e sistema de saneamento básico que fomentam a insalubridade. Tais fatores intentam subsidiar informações gerais que estabeleçam prioridades necessárias nas tomadas de decisão da situação almejada (ROCHA *et al.*, 2019).

As informações para o cálculo do IQAR são coletadas por meio de visitas técnicas ao sistema de disposição final de determinado município, onde, utiliza-se da metodologia proposta pela CETESB, que permite adaptações ao local de pesquisa, e consiste na aplicação do questionário padronizado “*check list*”, considerando três itens: o primeiro item é formado por subitens (Estrutura de apoio; Frente de trabalho; Taludes e bermas; Superfície superior; Estrutura de proteção ambiental); o segundo item é formado por Outras Informações; e, o terceiro item é formado por Características da Área.

Além dos itens e subitens o formulário é composto por informações quanto a origem dos subitens, fonte da obtenção dos dados, avaliação, peso e pontuação atribuída aos subitens (Quadro 4).

Quadro 4 – Composição das colunas do modelo de planilha proposto pela CETESB para cálculo do IQAR.

Item	Subitem	Origem dos subitens	Fonte dos dados	Avaliação	Peso	Pontos
------	---------	---------------------	-----------------	-----------	------	--------

Fonte: CETESB (2017).

Para cada subitem que compõe o formulário atribui-se um valor de acordo com as informações obtidas e características do sistema avaliado. O somatório dos valores atribuídos gera subtotais para cada um dos macros conjuntos, totalizando a geração de três subtotais (CETESB, 2017).

Os índices que compõe o IQAR são referentes as características do local, infraestrutura implantada e condições operacionais, totalizando 33 (trinta e três) indicadores de qualidade, cujo parâmetros variam de 0 a 10. As pontuações apresentam como base matemática, a soma do subtotal de cada item, o total, dividido por 10 (dez), determina o valor do IQAR, onde, a faixa de 0,0 a 7,0, representa condições inadequadas, e 7,1 a 10 as condições adequadas (CETESB, 2020).

Os itens e subitens propostos pela CETESB estão relacionados da seguinte maneira: o item I, ou o macro conjunto referente às características do local, conta com os seguintes subitens: portaria, balança e vigilância; isolamento físico; isolamento visual; acesso a frente de descargas; dimensões da frente de trabalho; compactação dos resíduos; recobrimento dos resíduos; dimensões e inclinações; cobertura de terra; proteção vegetal; afloramento de chorume; nivelamento superficial; homogeneidade da cobertura; impermeabilização do solo; profundidade do lençol freático (p) $\times$ permeabilidade do solo (k); drenagem de chorume; tratamento de chorume; drenagem provisória de águas pluviais; drenagem definitiva de águas pluviais; drenagem de gases; monitoramento de águas subterrâneas; monitoramento geotécnico.

O item II, macro conjunto outras informações, contempla os seguintes subitens: presença de catadores; queima de resíduos; ocorrência de moscas e odores; presença de aves e animais; recebimento de resíduos não autorizados; recebimento de resíduos industriais; estruturas e procedimento.

O item III, referente às características da área, se compõe dos subitens: proximidade de núcleos habitacionais; proximidade de corpos de água; vida útil da área e restrições legais ao uso do solo.

3.10 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

Para Fogliatti, Filippo e Goudard (2004), as medidas de mitigação de impactos ou danos ambientais incluem quaisquer ações planejadas para mitigar ou reduzir os efeitos dos impactos/danos negativos. Neste contexto, as medidas de controle ambiental mitigadoras podem ser classificadas em preventivas, corretivas, compensatórias e potencializadoras.

Segundo Sánchez (2008), as medidas preventivas são propostas para antecipar os impactos negativos de um determinado projeto. Além disso, consiste em uma medida que tem como objetivo minimizar ou eliminar eventos adversos que se apresentam com potencial para causar prejuízos aos itens ambientais destacados nos meios físico, biótico e antrópico. Este tipo de medida objetiva anteceder a ocorrência do impacto negativo, por exemplo, em projetos para disposição final de RS.

As medidas mitigadoras corretivas consistem em medidas que visam mitigar os efeitos de um impacto/dano negativo identificado, quer seja pelo restabelecimento da situação anterior à ocorrência de um evento adverso sobre o item ambiental destacado nos meios físico, biótico e socioeconômico, quer seja pelo estabelecimento de nova situação de equilíbrio harmônico entre os diversos parâmetros do item ambiental através de ações de controle para neutralização do fator gerador do impacto (SÁNCHEZ, 2013).

As medidas compensatórias podem ser concebidas para substituir ativos que foram perdidos como resultado de ação direta ou indireta de um projeto. As medidas potencializadoras são entendidas como ações planejadas para otimizar ou maximizar os efeitos dos impactos ambientais positivos que são causados direta ou indiretamente pela implantação de um empreendimento (PETROBRAS, 2004).

Em relação aos sistemas de disposição final de RS, os vazadouros a céu aberto são os que mais necessitam de medidas para controle de danos ambientais, advindo da forma inadequada de disposição de RSU e rejeitos diretamente no solo. Tais medidas devem incluir

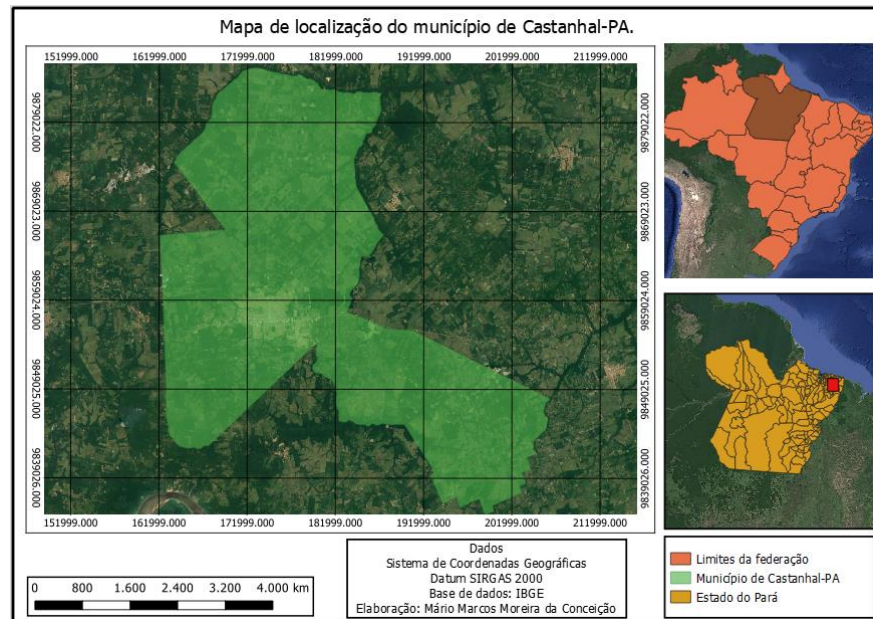
uma investigação geoambiental do vazadouro e das áreas de influência a partir do monitoramento da qualidade do solo, ar, das águas superficiais e subterrâneas. Entretanto, o investimento em pesquisas para este processo é escasso e contemplam em maior proporção as grandes capitais, tornando-se um desafio a aplicação em municípios de médio e pequeno porte.

4 METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada em Castanhal-PA (Figura 5), localizado no nordeste paraense. O município faz parte da mesorregião metropolitana de Belém-PA, e fica a 65 quilômetros da capital (CASTANHAL, 2006). A caracterização de Castanhal-PA consta no Apêndice A, e a caracterização do uso e ocupação do solo, geologia, relevo, declividade, hidrografia, clima e flora do município estão descritas no Apêndice B.

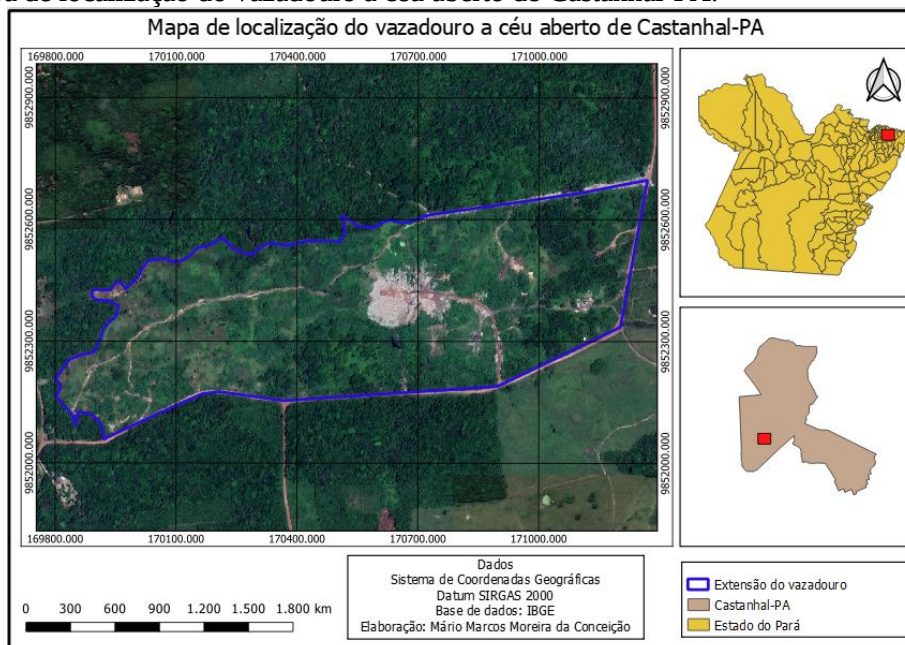
Figura 5 - Mapa de localização do município de Castanhal-PA.



Fonte: Autor (2022).

A área de pesquisa está localizada a aproximadamente 5 km do centro de Castanhal-PA, nas coordenadas geográficas: 1°20'3.42" S; 47°57'36.55" O, sendo um vazadouro a céu aberto ativo desde 1987, localizado a 2 km da área habitada do bairro em que está inserido (Figura 6). A área total do vazadouro corresponde a 54 hectares (QUADROS *et al.*, 2017). A Secretaria de Obras e Urbanismo (SEMOB) do município de Castanhal, utiliza uma área útil para disposição dos RS e rejeitos de aproximadamente 9 hectares dentro do vazadouro.

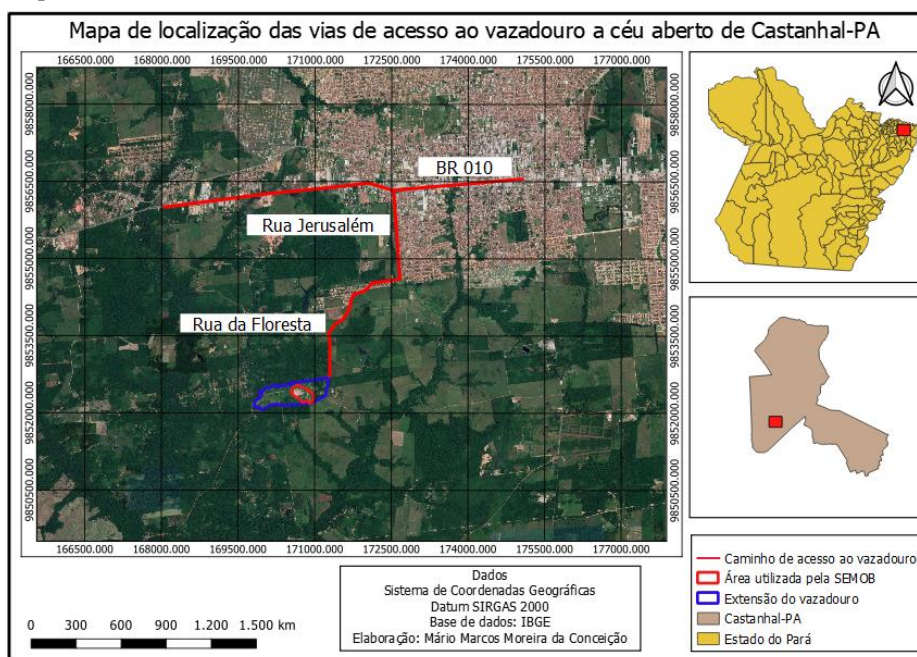
Figura 6 – Mapa de localização do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.



Fonte: Autor (2022).

Atualmente, além das áreas urbanas do município de Castanhal-PA, a coleta de RSU é realizada no distrito do Apeú, região próxima à sede do município e mais 15 agrovilas. A principal via de acesso ao vazadouro é a BR-010 (Figura 7), que dá acesso a rua Jerusalém em aproximadamente 1,75 km, depois segue a rua da Floresta por aproximadamente 2,9 km.

Figura 7 - Principal via de acesso ao vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.



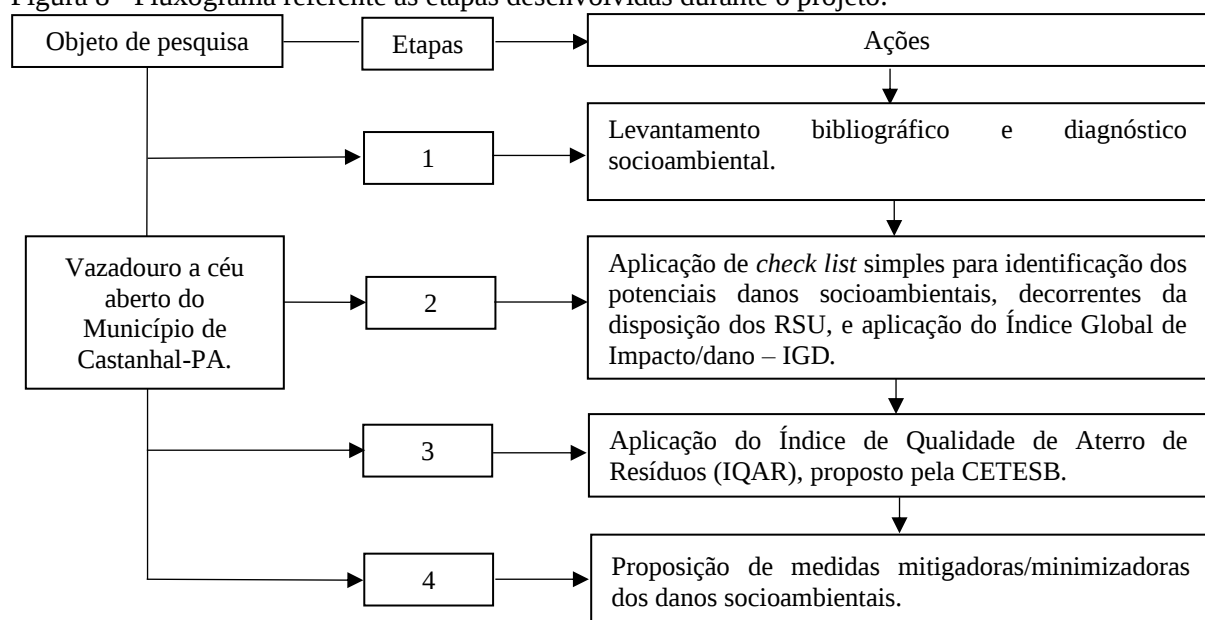
Fonte: Autor (2022).

De acordo com o Decreto nº 117 (CASTANHAL, 2017), que institui as competências das secretarias municipais de Castanhal-PA, é de responsabilidade da SEMOB a execução de atividades de limpeza pública e recolhimento de RS, a fim de garantir a qualidade socioambiental. Quanto a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), a Lei nº 031 (CASTANHAL, 2013) incube o dever de propor diretrizes, normas, critérios e padrões para a proteção, preservação e conservação do meio ambiente, além de promover a gestão integrada da destinação dos RSU nos termos da PNRS, públicos ou privados, bem como o lançamento de efluentes e emissões gasosas de qualquer natureza, de forma adequada à proteção ambiental.

4.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O método utilizado nesta pesquisa foi o dedutivo. A abrangência da pesquisa constituiu a observativa, sistemática e direta, associada ao levantamento de dados documentais. A pesquisa foi exploratória, pois efetuou-se uma abordagem do fenômeno pelo levantamento de informações que levaram o pesquisador a conhecer mais sobre o tema, objeto desta pesquisa, com natureza aplicada, pois objetiva gerar conhecimento para aplicação prática (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Em relação à abordagem, a pesquisa foi quantiquantitativa porque se têm dados matemáticos para a quantificação e que permitem qualificar os danos socioambientais (OLIVEIRA, 2011). O fluxograma com as etapas da pesquisa está descrito na Figura 8.

Figura 8 - Fluxograma referente as etapas desenvolvidas durante o projeto.

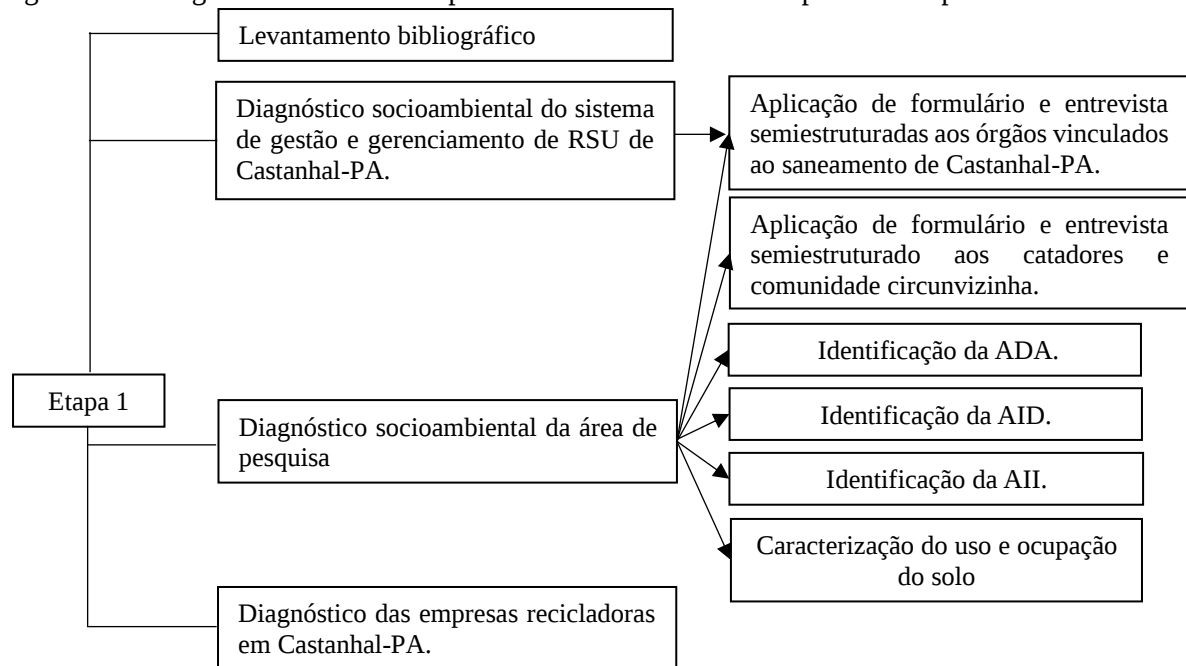


Fonte: Autor (2022).

4.2.1 Etapa 1 – Levantamento bibliográfico e diagnóstico socioambiental.

A primeira etapa da pesquisa foi realizada a partir de março de 2020 com levantamento bibliográfico envolvendo a temática de RS, danos ambientais, índices e indicadores de qualidade de sistemas de disposição final de RSU. Posteriormente, nos meses de março, abril, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2021, obtiveram-se informações sobre o processo de gestão/gerenciamento dos RSU em Castanhal-PA, a partir da aplicação de formulário e entrevistas semiestruturadas, diagnóstico socioambiental, e, aplicação de *check list*. O fluxograma deste processo está apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma referente as etapas a serem desenvolvidas na primeira etapa.



Fonte: Autor (2022).

A referente etapa deu-se com aplicação de pesquisas exploratórias, que buscam uma abordagem do fenômeno pelo levantamento de informações que poderão levar o pesquisador a conhecer mais sobre o objeto em questão; pesquisas descritivas, que são realizadas com o intuito de descrever as características do fenômeno, e, pesquisas explicativas, onde o pesquisador procura explicar causas e consequências da ocorrência do fenômeno (RAMOS, SANTOS, 2009).

Quanto aos procedimentos, a pesquisa foi *ex-post-facto* (investigação sistemática e empírica em que não se tem controle direto sobre as variáveis independentes, tendo em vista que já ocorreram as manifestações), ou seja, investiga possíveis relações de causa e efeito entre um determinado fato identificado pelo pesquisador e um fenômeno que ocorre posteriormente.

A principal característica deste tipo de pesquisa é o fato de os dados serem coletados após a ocorrência dos eventos, no caso, os danos ambientais no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA (CÓRDOVA, 2009).

Para complementar os dados obtidos, foi aplicado o método de pesquisa *survey* (obtenção de dados ou informações sobre as características ou as opiniões de determinado grupo de pessoas, indicado como representante de uma população-alvo, utilizando um questionário como instrumento de pesquisa), onde, buscou-se informações diretamente com os grupos de interesse a respeito dos dados que se desejavam obter (SEMMA, SEMOB e comunidade e catadores). Nesse tipo de pesquisa, o respondente não é identificado (CÓRDOVA, 2009).

A partir disso, pode-se identificar os potenciais danos socioambientais, decorrentes da disposição inadequada dos RSU e rejeitos no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

4.2.1.1 Diagnóstico socioambiental do sistema de gestão e gerenciamento de RS de Castanhal-PA.

Nesta etapa, foram confeccionados e aplicados formulários semiestruturados por meio do protocolo de ofícios às secretarias direta e indiretamente envolvidos no saneamento básico do município: SEMMA, SEMOB, Vigilância Sanitária (VISA), Secretaria de Saúde (SSA), Secretaria de Planejamento Urbano (SPU), para levantamento de informações quanto a gestão e gerenciamento de RS em Castanhal-PA, englobando a delimitação da área, frota, coleta e disposição final de RS, condições atuais do vazadouro, recursos utilizados, projetos em andamento e parcerias, de acordo com o Apêndice C. Sendo assim, foi possível verificar a intersetorialidade entre as secretarias amostradas.

Como complementação, aplicou-se entrevista não-estruturada/não-diretiva, onde o entrevistado é solicitado a falar livremente a respeito do tema pesquisado, melhorando a pesquisa exploratória (GERHARD; SILVEIRA, 2009). A entrevista semiestruturada abordou assuntos como: a condição atual do vazadouro; projetos e propostas socioambientais em andamento; apoio de entidades públicas e privadas, e assuntos gerais quanto ao meio socioambiental e econômico.

4.2.1.2 Diagnóstico socioambiental da área de pesquisa

Inicialmente fez-se a identificação da ADA, AID e AII, segundo o preconizado no art. 5º, inciso III da Resolução CONAMA nº 001 (BRASIL, 1986). Para o estudo de impacto/dano ambiental foram definidos os limites *in loco* das áreas direta ou indiretamente afetadas,

denominadas como áreas de influência da atividade. Para melhor empenho dos resultados, efetuaram-se avaliações no meio físico, biológico, socioambiental e econômico para averiguar a abrangência dos danos socioambientais.

Para isto, efetuou-se a delimitação das áreas de influência abordadas a partir de um levantamento bibliográfico em artigos científicos publicados em periódicos, onde, Gontijo *et al.*, 2013; Gomes *et al.*, 2017 e Carvalho *et al.*, 2018 indicam um raio de abrangência onde estão expostos os impactos/danos socioambientais diretos para ADA, diretos e indiretos para AID e em contexto municipal/intermunicipal/estadual para a AII, compreendendo os limites físicos das localidades. A partir de visita *in loco*, pode-se estabelecer as áreas de influência.

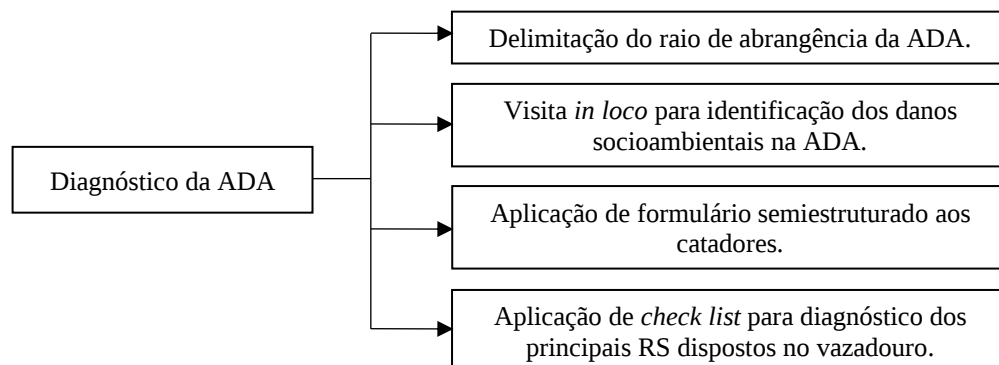
Santos (2004) afirma que, para definir a área de influência, deve-se partir de considerações sobre a complexidade local, a abrangência e o núcleo dos principais problemas regionais, as escalas necessárias para avaliar as questões ambientais e o tamanho das unidades territoriais envolvidas. Sendo assim, delimitaram-se as áreas de influência de acordo com o diagnóstico de uso e ocupação do solo, influências da atividade nos componentes bióticos e abióticos e, do sistema de gestão e gerenciamento dos RSU adotado pelo município, verificado a partir de visita *in loco*.

Além disso, foram identificadas as coordenadas geográficas das áreas de influência com a utilização de um GPS Garmin Etrex 10, e posterior alocação dos pontos no Google Earth para elaboração de mapas temáticos com a utilização do *software* QGIS.

4.2.1.3 Diagnóstico da Área Diretamente Afetada (ADA)

O diagnóstico da ADA foi realizado a partir delimitação e identificação das áreas afetadas pela disposição inadequada do RSU, a aplicação de entrevistas e formulários semiestruturados e diagnóstico dos principais RS dispostos no vazadouro (Figura 10).

Figura 10 - Fluxograma utilizado para diagnóstico da ADA.



Fonte: Autor (2022).

A área estabelecida para diagnóstico da ADA foi de 54 (cinquenta e quatro) hectares, onde está inserido a área do vazadouro, além de ser o local indicado pela SEMOB para disposição final de RSU e rejeitos. Esta delimitação atende ao indicado pela Resolução CONAMA nº 001 (BRASIL, 1986), e ao aplicado por Carvalho *et al.*, 2018; Gomes *et al.*, 2017 e Gontijo *et al.*, 2013.

A partir desta delimitação, foi possível identificar, a partir de visita *in loco*, a área que sofre direta e indiretamente as intervenções da atividade de disposição de RSU e rejeitos, considerando alterações físicas, bióticas, socioeconômicas e de suas interações, de acordo com o estabelecido por Neres *et al.*, 2015.

Durante as visitas em campo, foram observados os seguintes itens: as características, distribuição e acomodação dos RSU, das células de resíduos, fatores ambientais dos meios abiótico, biótico e antrópico. Também foi compreendido neste processo a aplicação de entrevistas semiestruturadas com o setor de fiscalização da SEMMA, o setor técnico da SEMOB, e uma servidora pública que atua na área de disposição final de RSU de Castanhal-PA. Os itens listados na abordagem foram propostos por Lanza *et al.* (2010); Reichert (2007) e Possamai *et al.* (2007), seguindo o critério de aplicação em vazadouros a céu aberto.

O levantamento das informações acerca da gestão e gerenciamento dos RSU de Castanhal-PA foi realizado a partir da aplicação do formulário aplicado a SEMOB, de acordo com o Apêndice C 1.1, citado no subitem 4.2.1.1. O reconhecimento e análise dos aspectos ambientais da área foram efetuados a partir de visitas *in loco* nos meses de março, abril, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2021, totalizando seis visitas, complementadas por registro fotográfico e avaliação visual.

Em seguida, foram aplicados formulários semiestruturados com doze perguntas (Apêndice D) para coleta de dados junto aos catadores de RSU, nos meses de outubro, novembro e dezembro. Para melhor esclarecimento dos questionamentos, houve aplicação de entrevista semiestruturada com a amostragem.

O tamanho da população de catadores foi definido a partir do universo total que varia de 40 (quarenta) a 80 (oitenta) indivíduos atualmente. Entretanto, os catadores e a SEMOB indicaram que a quantidade de indivíduos diária no local é em média de 55 (cinquenta e cinco), variando consideravelmente, haja vista que a entrada e saída de catadores nesta atividade é inconstante.

Sendo assim, o método utilizado para a determinação do tamanho da amostra considerou um universo finito, que, de acordo com Amâncio-Vieira *et al.*, (2011), considera o nível de significância de 5% e margem de erro amostral tolerável de 5%, dessa forma, determinou-se o

tamanho mínimo da amostra de 48 (quarenta e oito) catadores, entretanto, a quantidade estabelecida foi de 50 (cinquenta) indivíduos, escolhidos de forma aleatória com condição de participação de apenas uma vez. Vale destacar que não fizeram parte desta etapa menores de 18 (dezoito) anos.

Para diagnóstico dos principais resíduos dispostos no vazadouro foi elaborado um *check list* com um roteiro orientativo composto por categorias de RS para melhor identificação, aplicado *in loco* a partir da identificação de materiais com os seguintes constituintes: orgânico; plástico; papel e papelão; vidro; metal ferroso; metal não-ferroso; madeira; panos, trapos, couro e borracha; contaminante químico; contaminante biológico; pedra, terra e cerâmica.

4.2.1.4 Diagnóstico da Área de Influência Direta (AID)

O diagnóstico para identificação e delimitação da AID foi efetuado com visita de campo em duas localidades (Bairro Pantanal e Agrovila Boa Vista), pois compõe as áreas mais próximas ao vazadouro e, de acordo com a SEMOB, mais susceptíveis a danos diretos e indiretos, fato justificado pelas constantes reclamações e reivindicações da comunidade próxima ao vazadouro. Ademais, foi considerado a potencial influência nos corpos hídricos superficiais e subterrâneos, e, a abrangência dos possíveis danos ao meio socioambiental.

Para tanto, observou-se o exposto pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 001 (BRASIL, 1986), Carvalho *et al.*, 2018; Gomes *et al.*, 2017 e Gontijo *et al.*, 2013, para possível identificação das duas localidades como AID. Posteriormente foi realizado as delimitações com utilização do *software* Google Earth Pro e QGIS. A AID é uma extensão da ADA somado ao raio de abrangência dos danos diagnosticados (CARVALHO *et al.*, 2018).

Para identificação das duas localidades com AID, foram realizadas seis investigações *in loco* nos meses de março, abril, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2021. O objetivo deste processo foi identificar possíveis indícios de danos advindos do vazadouro municipal. Com efeito, percorreu-se toda extensão das duas áreas. Posteriormente efetuou-se uma investigação não-probabilística aleatória com indivíduos das comunidades amostradas.

O roteiro elaborado para diagnóstico da AID envolveu questões quanto: identificação de odor desagradável, localização geográficas das áreas atingidas direta e indiretamente, identificação de RSU dispostos nas proximidades, danos ao solo, recursos hídricos, ar, e ao meio socioeconômico.

Sendo assim, foi estabelecido apenas a comunidade do Boa Vista como AID, pois apresenta extensões dos recursos hídricos e áreas afetadas pelas fumaças, odores, RS e rejeitos. Posteriormente, foram identificadas 32 (trinta e duas) residências na Agrovila Boa Vista, especificamente no ramal Boa Vista, onde as casas são mais próximas ao vazadouro, a aproximadamente 1 (um) quilômetro. Entretanto, o universo amostral deu-se com 27 (vinte e sete) residências, com o nível de significância estabelecido de 5% e margem de erro amostral tolerável de 5%, de acordo como Apêndice E 1.2. Assim, foi definido o tamanho mínimo da amostra de residências para aplicação de entrevista semiestruturada.

Além disso, foram aplicados formulários e entrevistas semiestruturadas a 05 (cinco) servidores públicos de coleta de RSU em Castanhal-PA (Apêndice E 1.1), que atuam na área a mais de 10 anos, e ao responsável pelo setor de coleta de RS da SEMOB, pois, com base no Decreto nº 117 (CASTANHAL, 2017) esta secretaria é responsável pelo processo de gestão e gerenciamento dos RSU de Castanhal-PA.

4.2.1.5 Diagnóstico da Área de Influência Indireta (AII)

Para delimitação da abrangência da AII, foi levado em consideração à região em que os danos ambientais são observados de forma indireta ou afetados por danos superior aos de segunda ordem, ocasionados pelo efeito cumulativo e sucessivo que as modificações provocam no meio socioambiental e econômico, de acordo com Carvalho *et al.* (2018).

Sendo assim, esta delimitação se localiza em uma região mais afastada do local de atividade, e engloba as duas outras áreas de influência (ADA e AID), o município de Castanhal-PA, e, as extensões dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos, que recebem os impactos diretos e indiretos, com danos menos significativos do que os que ocorrem nas áreas diretas.

Para melhor compreensão dos danos na AII, foi realizado um levantamento de informações junto a SEMOB, para identificação das rotas e periodicidade do sistema de coleta dos RSU no município, condições dos veículos, maquinários utilizados e do trajeto estabelecido dentro dos limites municipal.

4.2.1.6 Caracterização do uso e ocupação do solo

Para identificação da mudança no processo de uso e ocupação do solo na área de pesquisa, utilizou-se imagens do sensor OLI, Satélite Landsat 1, Satélite Landsat 4 e Satélite Landsat 8 dos anos de 1984, 1993, 2001, 2016 e 2021, disponível no site do Serviço Geológico

dos Estados Unidos (USGS, 2018). Os satélites foram escolhidos em função da resolução temporal e da disponibilidade de imagens com qualidade. As imagens foram adquiridas com resolução de 30 m.

Para a composição colorida RGB dos Satélites Landsat foi efetuado o processamento digital de imagem de satélite para classificação supervisionada, buscando realçar a vegetação em relação às demais classes dos anos analisados. Nesta composição a vegetação tem assinatura espectral destacada no infravermelho próximo, refletindo a cor verde, obtendo assim melhor visualização destas áreas, e, as áreas com solo exposto refletirá a radiação com tonalidade mais clara, variando de magenta ao roxo escuro, facilitando a visualização das fisionomias de interesse (LU *et al.*, 2012).

Após o pré-processamento das imagens, como composição colorida, foi necessário a análise e classificação das imagens. Utilizou-se a classificação automática supervisionada pelo algoritmo de Máxima Verossimilhança. A rotulação dos pixels foi composta por 4 classes que levou em consideração: Vegetação densa, Vegetação baixa, solo exposto e nuvem. Em seguida realizou-se o refinamento da classificação para remoção de ruídos e regiões isoladas, para melhorar o resultado e proporcionar um melhor aspecto visual das imagens.

Posteriormente, foram confeccionados os mapas temáticos das imagens classificadas. Todas as etapas de geoprocessamento e sensoriamento remoto foram realizadas com auxílio de QGIS Development Team (2019).

4.2.1.7 Diagnóstico das empresas recicladoras em Castanhal-PA

Para complementar os dados do diagnóstico referente as questões de gestão/gerenciamento de RS no município de Castanhal-PA, realizou-se um levantamento das principais empresas que atuam no ramo da triagem e reciclagem de RS no município. Para aquisição desses dados, fez-se uma busca no Google e no sítio: cnpj.info referente ao município de Castanhal-PA, utilizando palavras chaves para facilitar a busca: reciclagem, resíduos, RS, sucataria, recicladora, ECO, pneus, aço, alumínio, ferro, plástico, papel e cooperativa. Além disso, realizou-se buscas na SEMMA por meio do protocolo de ofícios, para identificação de empreendimentos devidamente licenciados para os fins estabelecidos.

Após, houve uma classificação inicial em empresas com CNPJ ativo, dado baixa e inativa. Em seguida, passou-se a tentativa de contato com as empresas ativas para verificar o funcionamento, a regularidade quanto a licença de operação, as dificuldades no processo de

licenciamento e atuação no ramo da reciclagem para confirmar os dados apresentados na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE).

4.2.2 Etapa 2 – Aplicação do *check list* e aplicação do IGD

4.2.2.1 - Aplicação do *check list*

A elaboração do *check list* versou a identificação de características e indicadores de qualidade ambiental, que podem ocasionar danos ambientais pelas ações previstas no processo de uso e ocupação da área do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, e, de acordo com Farinaccio e Tessler (2010), tais fatores compõe: as ações nos recursos naturais e da infraestrutura existente, alterações da paisagem, alteração do regime hídrico, erosão, poluição atmosférica e hídrica, geração de RS, ruídos, vibrações, intensificação do tráfego na área de influência, valorização ou desvalorização imobiliária, modificações no estilo de vida da população local e nas suas fontes de renda.

A análise e classificação dos danos diagnosticados realizaram-se a partir da aplicação do *check list* durante as visitas *in loco* ao vazadouro. Para tanto, fez-se a divisão em três grupos: meios físico, biótico e abiótico e antrópico. Os itens integrantes do *check list* foram obtidos em pesquisas publicada em periódicos em que houve esta aplicação em vazadouro a céu aberto: em Mogeiro em Paraíba, por Silva *et al.* (2012); vazadouro a céu aberto no Piauí por Georges e Gomes (2021); vazadouro a céu aberto no Piauí por Costa *et al.* (2016) e segundo Sánchez, (2013), onde os itens listados são aplicáveis em áreas de disposição final de rejeitos.

A partir do exposto e com base na visita *in loco* da área de pesquisa, identificaram-se os danos advindos da disposição final de RSU e rejeitos, assim, eles foram tabelados quanto aos indicadores do meio físico (uso e ocupação do solo, infraestrutura implantada e acesso ao aterro); meio biótico e abiótico (solo, ar, recursos hídricos, fauna, flora e antrópico) e condições operacionais (condições operacionais e outros fatores).

4.2.2.2 - Aplicação do IGD

Esta etapa consiste na aplicação do índice global de impacto/dano (IGD), proposto por Bressane *et al.* (2017). A sistematização das operações matemáticas está apresentada no item 3.8.

As escalas de valores atribuídos foram definidas de modo a limitar um intervalo de variação conveniente para o IGD entre [-1,1]. Considerando que os danos podem ter natureza

positiva (benéfica) ou negativa (prejudicial), os limiares inferiores (-1) e superiores (1) representam a pior e a melhor condição do projeto/atividade, avaliada, onde, o IGD é calculado pela Equação 1.

$$igd = 1/n \sum_{i=1}^n \sigma_i \quad (1)$$

Em que:

igd = índice global de dano para a alternativa avaliada;

n = número total de danos;

i = (1, 2, ..., n);

σ = significância do dano i.

Em que a significância do dano ambiental é calculada pela Equação 2:

$$\sigma = \mu_i \iota_i \quad (2)$$

Em que:

μ_i = magnitude do dano i;

ι_i = importância do dano i.

A magnitude do dano é calculada por meio da Equação 3:

$$\mu_i = \sum_{j=1}^3 (p_j)_i \quad (3)$$

A importância do dano é calculada por meio da Equação 4:

$$\iota_i = \sum_{j=4}^6 (p_j)_i \quad (4)$$

Tendo $(p_j)_i$ como o valor do ponderador j para o dano i, calculado para magnitude pela Equação 5:

$$(p_j)_i = \sum_{k=1}^3 (w_{kj} m_{kj})_i \quad (5)$$

Para importância, é utilizado a Equação 6:

$$(p_j)_i = \sum_{k=4}^6 (w_{kj} m_{kj})_i \quad (6)$$

Em que:

$(w_{kj})_i$ = peso do modificador k pertencente ao ponderador j para o dano i, conforme valores propostos no Quadro 1;

$(m_{kj})_i$ = valor do modificador k pertencente ao ponderador j para o dano i, o qual representa a condição avaliada para o dano.

Sendo assim o valor de $(m_{kj})_i = 1$, se pertencer a condição avaliada; -1, se a condição está relacionada e o dano é prejudicial; 0, caso contrário).

Com base nessas definições dadas pelas Equações 7 e 8:

$$M = (\mu_1 \mu_2 \dots \mu_n) \quad (7)$$

$$I = (l_1 l_2 \dots l_n) \quad (8)$$

Na qual:

M = vetor de magnitude do dano;

I = vetor de importância do dano.

Portanto, tem-se que o IGD é determinável por meio da Equação 9:

$$igd = 1/n \sum_{i=1}^n \sigma_i = 1/n \sum_{i=1}^n \mu_i l_i = 1/n(M.I) \quad (9)$$

Sendo assim, formulou-se a Matriz para aplicação do IGD (Quadro 5) para aplicação nessa pesquisa, sendo preenchida com os indicadores de danos socioambientais.

Quadro 5 - Matriz para índice global de danos ambientais, proposto por Bressane *et al.* (2017).

			Magnitude									Importância											
			D			E			I			A			R			S					
Meio ambiente	Indicadores	Variáveis	1/9	2/9	1/3	1/9	2/9	1/3	1/9	2/9	1/3	0	2/9	1/3	1/9	2/9	1/3	0	2/9	1/3	Magnitude	Importância	Significância
			Curta a média	Longa	Permanente	Pontual	Local	Regional	Baixa	Média	Alta	Ausente	Incerta	Presente	Sim	Talvez	Não	Nula	Parcial	Total			

Legenda: D: Duração; E: Extensão; I: Intensidade; A: Acumulação; R: Reversibilidade; S: Sensibilidade.

Fonte: Matriz adaptada de Bressane *et al.* (2017).

Dessa forma, foram realizadas as comparações dos valores de magnitude e importância de cada dano, considerando os ponderadores de duração, extensão, intensidade, acumulação, reversibilidade e sensibilidade, para identificar os danos que mais contribuem para o comprometimento da qualidade socioambiental.

Os indicadores utilizados na matriz foram referentes ao meio físico: uso e ocupação do solo, infraestrutura implantada e acesso ao aterro; indicadores do meio biótico e abiótico: solo, água, ar, fauna, flora, antrópico e indicadores das condições operacionais e outros fatores. Os danos descritos foram enumerados horizontalmente e verticalmente de acordo com a magnitude e importância. A magnitude é a medida extensiva, grau ou escala de dano e, a importância refere-se à significância da causa sobre o efeito.

Os indicadores da qualidade foram adaptados de indicadores para a gestão sustentável de RS, constituintes da consulta de metodologias já aplicadas em pesquisas acadêmicas, que tiveram como área de pesquisa municípios de pequeno e médio porte no Brasil, além de terem sido publicados em revistas indexadas.

Em se tratando dos RSU e rejeitos, utilizaram-se como base as pesquisas de Shanchez (2013), pesquisa realizada em Jaboticabal – SP, por Milanez (2002), em São Carlos – SP, por Polaz e Teixeira (2009), na Serra de Itabaiana – SE Sobral *et al.* (2007) e no Amazonas por Castro *et al.* (2015). Quanto aos indicadores para vazadouros a céu aberto, constituíram-se como base, pesquisas efetuadas no vazadouro a céu aberto apresentadas no item 4.2.2.1.

Para definição dos indicadores, os critérios usados nesta pesquisa foram: (1) a coerência com a realidade local, (2) relevância, (3) clareza na comunicação, (4) construção e monitoramento participativo, (5) facilidade para definir metas, (6) consistência científica, (7) acessibilidade científica e (8) acessibilidade dos dados, (9) confiabilidade da fonte, (10)

sensibilidade a mudanças no tempo, (11) preditividade e (12) capacidade de síntese do indicador. Dessa forma, foram definidas 96 (noventa e seis) variáveis distribuídas de forma não simétrica em 11 (onze) indicadores diferentes para a avaliação do IGD da atividade de disposição de RSU e rejeitos no vazadouro a céu aberto de Castanhal - PA.

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente com o uso de planilhas eletrônicas contidas no *software* Excel (2013). Além disso, aplicou-se a estatística descritiva (média aritmética simples – Equação 10 (quociente entre a soma de valores distintos e o número de observações); frequência absoluta – f_i (número de observações em cada classe de uma variável) - Equação 11; frequência relativa – f_r (a frequência que um determinado dado tem em relação ao todo) - Equação 12); ver Tabela 4. A exposição gráfica e tabular foi efetuada com a utilização do *software* Excel 2016 e Origin. 9.0.

Tabela 4 - Equações utilizadas para tratamento estatístico dos dados obtidos.

Dado estatísticos analisados	Equação utilizada	Nº	Significados
Média aritmética simples	$\bar{X} = \frac{S}{N}$	10	Me = Média; S = Soma dos termos; N = Número de termo.
Frequência absoluta – f_i	$f_i = \sum n$	11	f_i = frequência absoluta; = soma das frequências das amostras.
Frequência relativa – f_r	$f_r = \frac{f_i}{\sum f_i}$	12	f_i = frequência absoluta; $\sum f_i$ = somaria das frequências absolutas.

Fonte: Autor (2022).

Para determinação do número da amostragem mínima, utilizou-se o método de amostragem proposto por Barbeta (2010), o qual leva em consideração a amplitude do universo amostral e o erro amostral tolerável. Assim, para esta determinação, utilizou-se a equação 13 e 14.

$$n_0 = 1 / E^2_0 \quad (13)$$

Onde n_0 : uma primeira aproximação da amostra; E_0 : erro amostral tolerável (Ex.: 5% = 0,05).

$$n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0} \quad (14)$$

Onde n : uma primeira aproximação da amostra; N : tamanho (população).

Para realizar o cálculo do tamanho da amostra foi definido o erro amostral tolerável. Na presente pesquisa foi utilizado um erro amostral de 5%.

4.2.3 Etapa 3 – aplicação do IQAR

Para adequação do índice de qualidade do vazadouro a céu aberto (IQAR) proposto pela CETESB, aplicou-se o formulário para o cálculo da quantificação da qualidade do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA (CETESB, 2017). O formulário do IQAR é composto por três macro conjuntos (itens), apresentado no subitem 3.9.

Posteriormente, realizou-se o cálculo da média aritmética do somatório dos três subitens, gerando o valor do IQAR (Equação 15).

$$IQAR = (\text{Subtotal M1} + \text{SubtotalM2} + \text{SubtotalM3}) / 10 \quad (15)$$

Onde: IQAR= Índice de Qualidade do Aterro Residual; Subtotal M1, M2 e M3 = subtotal dos itens avaliados.

Após a determinação do IQAR (Equação 15), os resultados obtidos foram analisados e interpretados, para posterior enquadramento do vazadouro a céu aberto em condições adequadas ou inadequadas (CETESB, 2017). O modelo de tabela disponibilizado pela CETESB atribui qualificação apenas para duas condições de qualidade sendo que não são estabelecidos critérios que indicam estas qualificações, que variam de 0 a 7 (inadequada) e de 7,1 a 10 (adequada).

Neste sentido, para melhor entendimento da qualificação, foram estabelecidas 10 condições que variam de 0 a 100 classificadas em: péssimo, ruim, insuficiente, bom, ótimo e excelente, conforme o Quadro 6.

Quadro 6 - Enquadramentos das instalações e dos sistemas de disposição final de RSU em função dos valores do IQAR.

IQAR	Enquadramento	Pontos referente as condições de qualidade - CETESB	Total de itens avaliados	Itens avaliados positivamente	Classificação
1 a 7	Condições inadequadas (I)	0 - 10	33	3 - 12	Péssimo
		11 - 20			
		21 - 30			
		31 - 40		12 - 21	Ruim
		41 - 50			
		51 - 60			
7,1 a 10	Condições adequadas (A)	61 - 70		21 - 24	Insuficiente
		71 - 80		24 - 27	Bom
		81 - 90		27 - 30	Ótimo
		91 - 100		30 - 33	Excelente

Fonte: CETESB (2017).

É importante salientar que, para a caracterização do vazadouro, tomou-se como referência a NBR 13.896 (ABNT, 1997), que estabelece exigências mínimas para a localização de aterros e leva em consideração: a topografia do terreno; os recursos hídricos; a distância de núcleos habitacionais; os critérios geológicos e pedológicos; a vegetação; as vias de acesso; o tamanho disponível; a vida útil e os custos.

De acordo com Silva *et al.* (2016), a utilização de indicadores, subíndices e índices, servem como referências para um melhor planejamento e implementação de melhorias nos sistemas operacionais de saneamento nas cidades, para a saúde da população, economia, meio social e ambiental.

4.2.4 Etapa 4 - Proposição de medidas mitigadoras/minimizadoras dos danos socioambientais.

A proposição das medidas mitigadoras/minimizadoras dos danos socioambientais, objetivou minimizar ou eliminar os efeitos dos danos identificados, quer seja pelo restabelecimento da situação anterior à ocorrência do evento adverso sobre o item ambiental destacado nos meios físico, biótico e socioeconômico, quer seja pelo estabelecimento de nova situação de equilíbrio harmônico entre os diversos parâmetros do item ambiental, através de ações de controle para neutralização do fator gerador do dano.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A apresentação dos resultados e discussões está dividida em 4 (quatro) etapas principais: diagnóstico socioambiental; aplicação de *check list* e aplicação do Índice Global de Dano (IGD); aplicação do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQAR); e, proposição de medidas mitigadoras/minimizadoras dos danos socioambientais.

5.1 ETAPA 1 - DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

5.1.1 Diagnóstico socioambiental do sistema de gestão e gerenciamento de RS de Castanhal-PA

Os dados obtidos indicaram que além da SEMOB, SEMMA, SPU, VISA e SSA, estão envolvidos no processo de gestão/gerenciamento de RS de Castanhal-PA a iniciativa privada e sociedade civil, a saber: a cooperativa COOPENORTE, responsável legalmente pela reciclagem de RS não inertes; a empresa Bom Sucesso e JL entulhos, pela coleta de RS de construção e demolição; a empresa Big Fossa, atuando na limpeza de fossas; unidades clínicas e hospitalares de atendimento à saúde humana e animal; unidades residenciais; e, indústria e comércio em geral, como grandes geradores de RS.

Dentre as secretarias amostradas, apenas a SEMOB tem conhecimento do tempo de funcionamento do vazadouro. Todas as secretarias estão cientes da ilegalidade na utilização da área, que se dá pela ausência de licenciamento e forma inadequada de disposição final dos RSU. Além disso, não há conhecimento por 100% da amostragem sobre a delimitação da área utilizada no vazadouro e nem esclarecimentos sobre a expansão e utilização de novas áreas, demonstrando que este procedimento é aleatório e ausente de critérios técnicos.

Um dos principais fatores que corrobora para este entrave é a ausência do Plano Municipal de Gestão Integrada dos RSU (PMGIRS) como instrumento legal de planejamento em Castanhal-PA, apesar de previsto no art.18 da PNRS (BRASIL, 2010), o que dificulta a tomada de decisões do poder público para as ações que possam mitigar ou minimizar os danos socioambientais e econômicos advindos deste processo.

Secretaria Municipal de Obras - SEMOB

Atualmente, existem 119 (cento e dezenove) funcionários ativos destinados a prestação do serviço de coleta e transporte dos RSU em Castanhal-PA, trabalhando com auxílio de 23

caminhões, sendo que os veículos comportam 1 motorista e 3 operários coletores dos RSU. Os veículos utilizados são: compactador, carroça com trator e poliguindaste com caixa *Brooks*.

A SEMOB não possui documentos com orientações para as atividades operacionais e administrativas com suporte necessário à eficiência do sistema adotado para a gestão e gerenciamento dos RSU. O sistema de coleta, mesmo sendo frequente e regular, não está complementado com documentos contendo informações sobre adensamento populacional em cada localidade, bairros, agrovilas e, não há caracterização dos RS para a correta gestão e gerenciamento.

Na área comercial, a coleta ocorre diariamente devido a grande quantidade de RSU gerados. Nas agrovilas e bairros, a coleta ocorre de forma alternada (Quadro 7), no período matutino das 07:00 h às 13:00 h e vespertino das 13:00 h às 17:00 h, com jornada de trabalho mínima equivalente a 6 horas por dia.

Quadro 7 – Frequência e período da coleta de RSU nas agrovilas e na sede do município de Castanhal-PA.

Coletas	Período	Setores	Frota
Coleta diária	7 dias/semana	Jaderlândia	Após saída da garagem, faz-se a coleta em todos os bairros e depois segue para o vazadouro a céu aberto.
Coleta alternada	3 dias/semana	Centro	Após saída da garagem, faz-se a coleta no centro e segue para o vazadouro a céu aberto.
Coleta	2 dias/semana	24 bairros	23 caminhões saem da garagem distribuem-se em dois grupos de bairros diferentes e depois segue para o vazadouro. Esta operação é feita nos turnos da manhã e da tarde
Coleta semanal	1 dia/semana	12 agrovilas	2 caminhões fazem 6 agrovilas e depois seguem para o vazadouro a céu aberto.

Fonte: Pesquisa direta (2022).

Nota: Elaborado a partir dos dados informados nos formulários e entrevista da SEMOB.

Entretanto, Nascimento (2020) efetuou uma pesquisa em Castanhal-PA e concluiu que, o tempo operacional do serviço para coleta e transporte de RSU no período vespertino é inferior à jornada de trabalho da guarnição (6 horas), o que demonstra a fragilidade e imprecisão do sistema adotado e da fiscalização do serviço.

Referente ao acondicionamento dos RSU, os dados obtidos indicaram que, é realizado predominantemente em sacolas plásticas, com armazenamento feito a partir de coletores (lixeiras) distribuídos pela zona urbana, especificamente nas proximidades do centro. Nas demais localidades, a predominância é o recolhimento dos RSU em sacolas plásticas deixada em frente as residências, que são recolhidas e encaminhadas ao vazadouro a céu aberto localizado no bairro Pantanal.

O referido vazadouro não possui balança para pesagem do RSU, e a medição é efetuada pelo método da cubagem (método aproximado e simplificado, baseado nos volumes de resíduos coletados pelos caminhões, com capacidade conhecida, através de registro regular), ou seja, um método falho e impreciso.

Além do mais, não existem justificativas técnicas, econômicas ou de logísticas para a determinação da frequência de coleta. As informações do planejamento da frequência de rotas de coleta de RSU são inexistentes, assim como a padronização do tempo de serviço nos turnos, o que compromete o planejamento e a operação da prestação do serviço, principalmente no dimensionamento da frota de veículos coletores e da guarnição.

Os dados obtidos também indicaram que não existem informações referentes a quantidade (t/dia ou t/mês) e do volume (m³/dia ou m³/mês) de RSU gerados e coletados, apenas estimativas baseadas pelo controle impreciso na contagem do número de viagens ao vazadouro que cada veículos faz, resultando em uma média de 250 toneladas de RSU e uma produção relativa de aproximadamente 1,0 kg/hab/dia.

Além disso, não existem conhecimentos dos custos de coleta e disposição final no total (por ano) e por tonelada no referido município, o que pode elevar os custos com a prestação deste serviço. Neste viés, Memon (2010), Guerrero, *et al.* (2013) e World Bank (2014) afirmam que em municípios de países em desenvolvimento como o Brasil, estes custos representam de 20% a 50% dos orçamentos na gestão e gerenciamento de RSU, dos quais 80% a 95% é destinado para a coleta e transporte, demonstrando a necessidade da implantação de um sistema que comporte todos os dados monetários aplicados aos RSU em Castanhal-PA.

Esta carência de dados pode acarretar a diminuição de recursos aplicados aos projetos necessários, e, segundo os estudos de Zaman e Lehmann (2013), Garcia *et al.* (2015), Pisani Jr., Castro e Costa (2017) as consequências são: a inadequada elaboração de projetos de infraestruturas dos componentes do gerenciamento de RSU, o que resulta em uma equivocada especificação e quantificação de equipamentos a serem empregados na atividade, o que fomenta um aumento nos custos orçamentários.

Além disso, não existe um treinamento completo e específico para os servidores que atuam na coleta de RSU, nem associação a cooperativas e catadores. Atualmente não existe um projeto ambiental para minimização dos danos gerados pela disposição inadequada dos RSU na área do vazadouro.

Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SEMMA

Os dados obtidos junto a SEMMA indicaram que não existem cooperativas, empresas recicladoras ou organizações de catadores em parceria com a referida secretaria para atuação na área do vazadouro a céu aberto. Neste contexto, foi indicado que a única cooperativa devidamente licenciada é a COOPENORTE, as demais, encontram dificuldades legais nos processos de parcerias com outros empreendimentos. Além disso, não existe um vínculo direto da SEMMA com as demais secretarias, o que compromete a elaboração de planos ou projetos ambientais para minimização dos danos na área de disposição de RS.

A SEMMA não possui dados da quantidade de catadores que atuam no vazadouro, de empreendimentos que utilizam a área para disposição final dos RS, de quem frequenta o local, da estimativa de produção diária, mensal, anual e *per capita* de RSU, mesmo tendo como função no município: planejar, coordenar, supervisionar e promover a execução de planos, programas e projetos relativos à educação ambiental e à gestão integrada da destinação de RS.

Adicionalmente, foi indicado pela SEMMA que a ausência do PMGIRS dificulta o acesso aos recursos da União. Entretanto, para contornar esta situação, está sendo discutido no município as pautas para implantação do Comitê Diretor, instância de coordenação e execução e o Grupo de Sustentação, responsável por garantir o debate e o engajamento de todos os segmentos ao longo do processo participativo na elaboração do PMGIRS nos termos da legislação vigente.

Além disso, foi informado pela SEMMA que em 2019, o município de Castanhal-PA assinou o estatuto do consórcio intermunicipal de gestão integrada de RSU (CONCISSS), contudo, ainda está em discussão para tomada de decisões e será fundamental no processo de saneamento no município, sendo uma saída para de implantação de medidas estruturais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de RS, drenagem e manejo de águas pluviais.

Secretaria de Planejamento Urbano - SPU

Os dados obtidos junto a SPU indicaram que a principal função desta secretaria no município é de planejar, organizar, dirigir, coordenar, controlar e atualizar os planos municipais, programas e políticas de desenvolvimento do município, em conjunto com as demais secretarias. Entretanto, devido a inexistência de planos efetivos e em operação para implantação no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, as contribuições são inexpressivas.

Também não há elaboração, acompanhamento, avaliação e atualização do Plano Diretor municipal. A SPU não executa a coordenação em articulação intersetorial, a captação e negociação de recursos junto à órgãos e instituições nacionais e internacionais e, os projetos em articulação com as demais secretarias para atuação em prol ou na área de disposição final de RSU, são inexistentes.

Este processo da intersectorialidade deve ser visto por uma óptica de um dos requisitos para a implantação das políticas setoriais, visando sua efetividade por meio da articulação entre instituições governamentais e entre a sociedade civil, propiciando a articulação e interrelação de conhecimentos técnicos, e criando, portanto, condições para a identificação de melhores estratégias e soluções para a problemática dos RSU em Castanhal-PA.

Uma forte contribuição para a intersectorialidade entre as secretarias amostradas é a inserção de tecnologias de informação e comunicação juntamente com a participação social nas políticas públicas e atos governamentais. De acordo com Dominici (2017) tais ações não devem ser apenas como meio de divulgação de políticas e ações, mas também como viabilizadora de debates, análises e definições de medidas que afetam a coletividade.

Vigilância Sanitária - VISA e Secretaria de Saúde - SSA

Dentre as competências da VISA e a SSA, os dados obtidos indicaram que a vigilância à saúde é o fator principal atrelado a estas secretarias, entretanto, a implantação, implementação e ações referentes à programas de vigilância ambiental no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA são inexistentes ou insuficientes, bem como o exercício de ações de intervenção sobre situações e ambientes de risco. Tais fatos são justificados pela insuficiente fiscalização e o controle das condições sanitárias da área do vazadouro e falta de preocupação dos poderes executivos municipais, o que torna a área em questão, negligenciada.

Após análise dos dados obtidos, pode-se concluir que são inexistentes as ações pela VISA e SSA capazes de eliminar, diminuir ou prevenir riscos à saúde e de intervir nos problemas sanitários na área do vazadouro a céu aberto municipal, logo, não são identificadas as medidas de prevenção e controle dos fatores de risco ambientais relacionados às doenças ou outros agravos à saúde junto aos catadores.

Outro aspecto relacionado à VISA e a SSA que também é inexistente na área do vazadouro é o controle de vetores, que são as atividades de intervenção ambiental por parte do poder público e principalmente da população para reduzir ou mesmo eliminar as condições

favoráveis ao desenvolvimento de vetores de doenças, tais como o *Aedes aegypti*, os triatomíneos, flebotomíneos, carrapatos, entre outros.

A intersetorialidade entre a VISA e a SSA para o desenvolvimento de programas conjuntos de promoção da saúde dos catadores são inexistentes. Tais entraves, ocorrem por atuação específica e única de cada secretaria, de acordo com suas competências, fato justificado pela fragmentação das secretarias, onde o vínculo tornou-se mínimo e até inexistente a tal ponto em que não há informações quanto a projetos em andamento ou parcerias para atuação no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

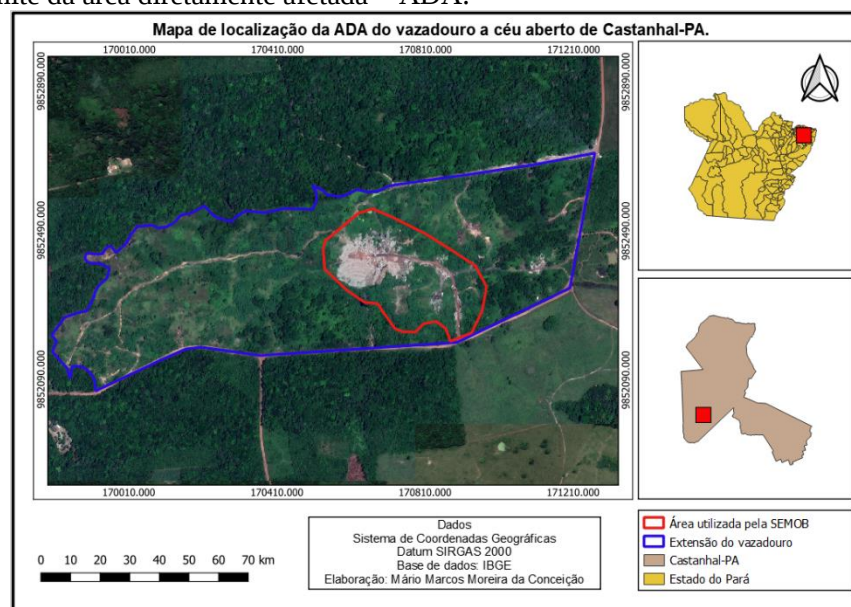
Neste contexto, a adoção da intersetorialidade na concepção e implantação de políticas públicas pode, sem dúvida, promover maior racionalidade no uso dos recursos, melhores resultados dos programas e outras ações. Sendo assim, deve-se pensar também na realização de ações que possam promover uma mudança de postura por parte de componentes dos órgãos públicos, como um maior engajamento da representação pública junto a tomada de decisão.

5.1.2 Diagnóstico socioambiental da área de pesquisa

5.1.2.1 Área Diretamente Afetada (ADA)

Os dados obtidos indicaram que a ADA e os limites utilizados para disposição de RSU correspondem a uma área de 54 hectares e perímetro de aproximadamente 3,9 km, compondo aproximadamente 9 hectares, com as coordenadas: 1°20'2,31" S; 47°57'28,85" W (Figura 11).

Figura 11 - Limite da área diretamente afetada – ADA.



Fonte: Autor (2022).

As irregularidades e a falta de critérios técnicos nas formas de disposição final dos RSU e rejeitos na ADA são os principais fatores que promovem os danos socioambientais, sendo observados pontos variados de disposição de RSU tanto pela SEMOB quanto por outras empresas privadas não identificadas.

A SEMOB indicou que o principal fator para esta irregularidade está relacionado ao desnível do solo do terreno, declividades acentuadas e ao período de precipitação no município, que aumenta o nível de alagamento em algumas áreas, tornando-as inapropriadas para triagem dos materiais e forçando às mudanças constantes para locais mais seguros. Algumas áreas já estão saturadas (Figura 12), sendo assim, foi informado pelos catadores que é necessário o estabelecimento de novas localidades para disposição final dos RSU.

Figura 12 – A e B - Áreas saturadas de acúmulo de RSU no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.



Fonte: Autor (2022).

Os dados obtidos quanto às tipologias dos RSU diagnosticados na ADA, indicaram que são compostos dos mais variados tipos de atividades antropogênicas e apresentam características de resíduos inertes e não inertes (Quadro 8).

Quadro 8 - Categorias e tipologias de resíduos sólidos identificadas a partir da aplicação do *check list*.

Categorias	Constituintes dos resíduos diagnosticados no vazadouro de Castanhal-PA.
Matéria orgânica Putrescível	Restos de alimentos orgânicos em geral, podas de árvores e animais mortos.
Plástico	Sacos, sacolas, embalagens, recipientes de produtos em gerais, esponjas, isopor, utensílios de cozinha, látex, resíduos de televisão, geladeiras, brinquedos etc.
Papel e papelão	Caixas, revistas, jornais, cartões, papel, pratos, cadernos, livros, pastas etc.
Vidro	Copos, garrafas, pratos, espelho, embalagens de produtos de limpeza, embalagens de produtos de beleza, embalagens de produtos alimentícios, vidros de carro.
Metal ferroso	Palha de aço, alfinetes, agulhas, embalagens de produtos alimentícios.
Metal não-ferroso	Latas de bebidas, restos de cobre, restos de chumbo, fiação elétrica.
Madeira	Palet, tábuas, palitos de fósforos, palitos de picolé, tampas, móveis, lenha.
Panos, trapos, couro e borracha	Roupas, panos de limpeza, pedaços de tecido, bolsas, mochilas, sapatos, tapetes, luvas, cintos, balões, câmara de bicicleta.
Contaminante Químico	Pilhas, medicamentos, lâmpadas, inseticidas, raticidas, colas, cosméticos, vidro de esmaltes, embalagens de produtos químicos, latas etc.
Contaminante Biológico	Papel higiênico, cotonetes, algodão, curativos, gazes e panos com sangue, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, seringas, lâmina de barbear, cabelos, pelos, embalagens de anestésicos, luvas etc.
Pedra, terra e Cerâmica	Vasos de flores, pratos, restos de construção, terra, tijolos, telhas, seixo etc.
Resíduos de construção e demolição.	Fragmentos de telhas, tijolos e concretos.

Fonte: Autor (2022).

Os resíduos mais representativos no vazadouro, de acordo com informações coletadas na SEMOB, com os catadores e a partir de visita *in loco* são: resíduos de *palet* (Figura 13 A), resíduos de papeis (Figura 13 B), resíduos de papelão (Figura 13 C), resíduos de Politereftalato de etileno (Figura 13 D e E) e resíduos com maior durabilidade como pneus (Figura 13 F).

Figura 13 - Componente dos principais RS diagnosticadas no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA. A) resíduos de *palet*; B) Resíduos de papeis; C) Resíduos de papelão; D) e E) Resíduos de Politereftalato de etileno; F) Resíduos de pneus.



Fonte: Autor (2022).

Segundo dados obtidos a partir da aplicação do formulário semiestruturado à SEMOB, estima-se que a geração *per capita* de RSU, baseada pelo método de cubagem de 1,0 kg/hab/dia é composta por 50% de matéria orgânica (MO), 35% sendo resíduos recicláveis (RR) e 15% compondo outros resíduos, ver Tabela 5. Entretanto, esta estimativa é imprecisa e não segue metodologia científica.

Tabela 5 - Estimativa da tipologia dos principais RS gerados em Castanhal-PA.

Tipos de RS		Percentual (%)
Resíduos recicláveis	Metal	5
	Papel/papelão	13
	Plástico	15
	Vidro	2
Matéria orgânica		50
Outros		15
Total		100

Fonte: Pesquisa direta (2022).

Nota: Elaborado a partir dos dados informados nos formulários e entrevista da SEMOB.

Dados aproximados da estimativa dos resíduos orgânicos em Castanhal-PA foram verificados na composição gravimétrica dos municípios de Rolim de Moura-RO (44,9%) por Ricardo e Orozco (2018), Salinas-MG (46,5%) por Costa *et al.* (2013), Cáceres-MT (60,5%) por Alcântara (2010), Marituba-PA (41%) por Silva (2018) e para o Brasil (51%), fato que demonstra a necessidade da implantação e atuação do poder público em políticas específicas para a compostagem.

O principal fator atrelado a este percentual de matéria orgânica é referente a ausência de segregação desses resíduos dos demais, como: papeis, papelões e plásticos. Sendo assim, ocorre a contaminação destes RS por contato com os orgânicos, inviabilizando a reciclagem e compostagem.

Referente ao parágrafo anterior, em pesquisa realizada por Silva *et al.* (2014), para verificar a composição gravimétrica dos RS produzidos no município de Castanhal-PA, os autores concluíram que aproximadamente 76% dos resíduos não são passíveis de reciclagem nos bairros amostrados, pela ausência de segregação nas residências e empreendimentos, causando a contaminação dos RS por matéria orgânica.

Tais materiais compõe RSU secos e úmidos, comuns e complexos, o que gera atração principalmente de urubus (*Coragyps atratus*), que se alimentam de produtos em decomposição (Figura 14A), e de artrópodes que encontram no local, materiais de difícil decomposição como pneus, que servem como refúgio (Figura 14B).

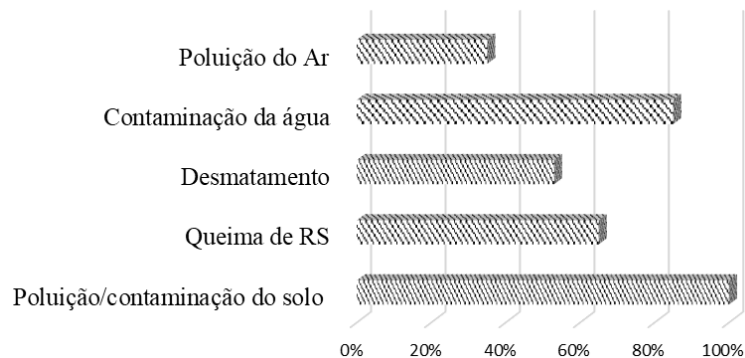
Figura 14 - A) Presença de *Coragyps atratus* no vazadouro a procura de alimento; B) Resíduos sólidos de difícil decomposição, dispostos no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.



Fonte: Autor (2022).

Quanto aos danos ambientais mais significativos na ADA, de acordo com a amostragem de catadores (Figura 16) são referentes à possibilidade de poluição/contaminação do solo (100%), pela disposição inadequada de resíduos e rejeitos das diversas atividades comerciais e industriais do município, queima de resíduos (64%), desmatamento (52%), contaminação da água (86%) e poluição do ar (34%). Dessa forma, percebe-se que a maior frequência relativa é referente a poluição/contaminação do solo e contaminação da água (Figura 15), por serem danos mais diretos e de primeira ordem, além de estarem correlacionados.

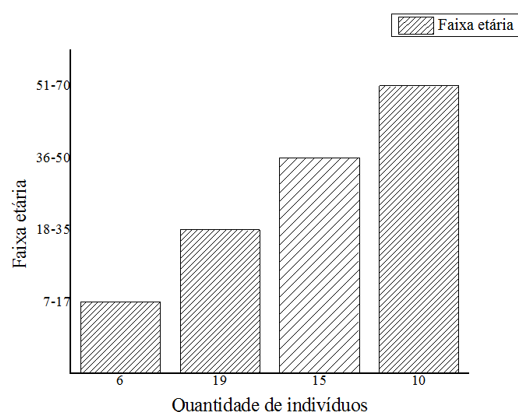
Figura 15 - Problemas ambientais mais significativos identificados pela amostragem.



Fonte: Autor (2022).

Em relação aos catadores, não existe uma predominância de atuação por gênero na ADA, com idade que variam de 7 (sete) a 63 (sessenta e três) anos (Figura 16).

Figura 16 – Faixa etária dos catadores.



Fonte: Autor (2022).

O grau de escolaridade dos indivíduos amostrados é de ensino médio incompleto. Além disso, não houve indicação de algum vínculo empregatício por 100% da amostragem, sendo a atividade no vazadouro a única fonte de renda. O tempo que os catadores atuam no vazadouro também varia, sendo identificado atuação de 5 a 35 anos. Além disso, 100% da amostragem é residente das proximidades (Bairro Pantanal e Boa Vista).

As atividades dos catadores consistem unicamente da triagem e venda de materiais recicláveis (papeis, papelão, materiais de politereftalato de etileno e metais). A organização do serviço e do espaço se dá por grupos que variam de 10 a 30 catadores, que organizam espaços com demarcação apenas visual (lotes estratégicos) para que os carros de coleta seletiva (papa lixo) depositem os RS onde eles determinem e com auxílio limitado da servidora pública que atua no local.

Quanto as possíveis doenças advindas do serviço no vazadouro, foram citadas: doenças respiratórias, resfriado e dengue. Os acidentes por objetos perfurocortantes e picadas de insetos são situações frequente advindas da atividade no local. Tais entraves são oriundos dos diferentes tipos de RSU de diferentes fontes antropogênicas.

Ademais, a criação de animais na área é inconstante e geralmente está associada a animais domésticos como os cachorros que seguem os donos até o local. Este fato torna-se complexo devido a possibilidade destes animais se tornarem hospedeiros de vetores transmissores de doenças.

Alusivo à presença de crianças no vazadouro, nos dias de pesquisa *in loco*, foram identificados significativa representatividade desta variável, equivalente a aproximadamente 10%, variando de 7 a 16 anos. Entretanto, de acordo com relatos dos catadores, esta frequência é inconstante e varia de acordo com o período do ano, sendo no período de férias de atividades

escolares o mais propício ao trabalho infantil no local. O mesmo cenário já foi identificado por Quadros *et al.* (2017).

Em âmbito social, foi indicado a existência de conflitos entre os catadores por controle de espaços no vazadouro; a prática constante por parte dos catadores de coagir os motoristas dos veículos utilizados para coleta de RSU; o comércio ilegal de drogas ilícitas; e, os conflitos com a SEMOB sobre o sistema de frota, quantidade, tipo e condição dos veículos utilizados, podendo em alguns casos fomentar a revolta dos catadores que reivindicam por meio de queima de RS, quebra de veículos e interdição de vias de acesso ao vazadouro. Além disso foi indicado que o vazadouro serve de refúgio à foragidos da justiça.

Em relação ao fator econômico, foi evidenciado dois setores: o desemprego por parte de 100% dos 50 (cinquenta) catadores amostrados, que alegam dificuldade de encontrarem oportunidades no município de Castanhal-PA; e, a oportunidade de obter renda a partir da triagem, segregação e venda de materiais recicláveis. Em média, de acordo com dados dos catadores, é possível obter uma renda diária de aproximadamente 50 (cinquenta) reais.

Entretanto, devido ao fato de os RSU não terem uma segregação inicial, o trabalho de reciclagem dos catadores torna-se mais complexo (Figura 17A). Ressalta-se que o odor desagradável na área do vazadouro a céu aberto, advindo principalmente de materiais orgânicos em estado de putrefação (Figura 17B), atraem animais como urubus, garças, ratos e artrópodes, e isso afeta diretamente os catadores e a eficiência no processo de triagem dos RS, logo, sendo um fator limitante no processo de aquisição de renda.

Figura 17 - A) Catadores informais segregando os RS no vazadouro a céu aberto em Castanhal-PA; B) disposição irregular de RSU diretamente sobre o solo.



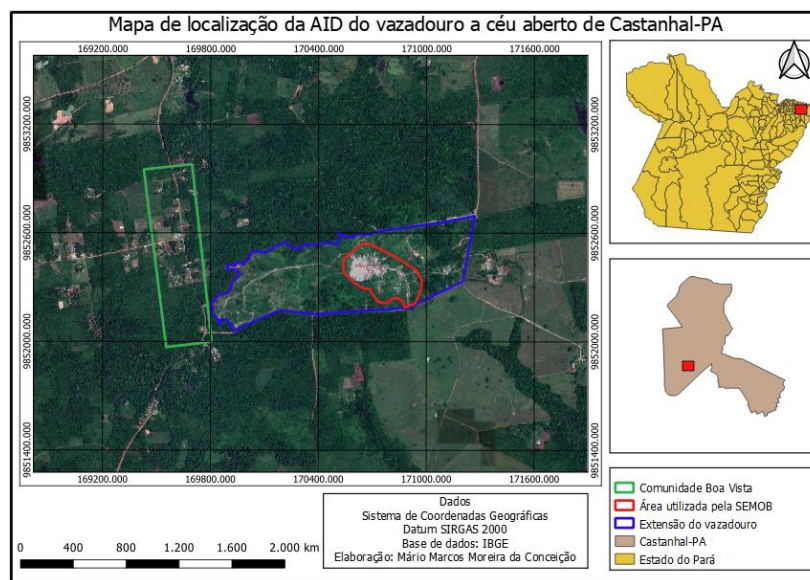
Fonte: Autor (2022).

Conceição *et al.* (2020) concluíram que a preocupação da prefeitura de Castanhal-PA sobre os problemas existentes no vazadouro, quantidade e variedade de RS dispostos no local, é insuficiente. Em consequência disso, são inevitáveis os entraves a qualidade socioambiental e à qualidade de vida dos catadores. Desta forma, percebe-se que a ADA é representada por uma extensão diretamente afetada de danos socioambientais, principalmente quanto aos catadores que atuam em condições precárias e exposição a insalubridade constante.

5.1.2.2 Área de Influência Direta (AID)

Após análise efetuada *in loco*, identificou-se como AID a Agrovila Boa Vista, a aproximadamente 1km do vazadouro (Figura 18), as extensões dos corpos hídricos, por problemas constantes relacionado a contaminação/poluição a partir do escoamentos das águas superficiais e subterrâneas que podem tomar diferentes direcionamentos, e, o odor desagradável pela direção predominante dos ventos voltada a referida agrovila, onde são identificados os principais danos diretos e indiretos advindos da problemática do vazadouro a céu aberto.

Figura 18 - Caracterização da área de influência direta – AID, do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

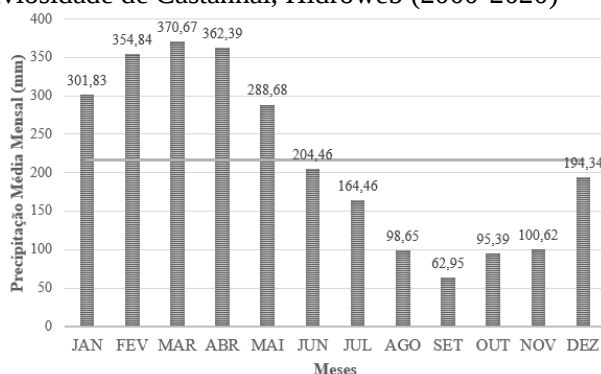


Fonte: Autor (2022).

A partir dos dados obtidos com aplicação da entrevista semiestruturada nas 27 (vinte e sete) residências do ramal Boa Vista foi indicado que os entraves mais significativos são: odor desagradável (100%), contaminação dos igarapés (100%), partículas suspensas no ar (88%), resíduos carregados pelo vento (80%) e marginalização da área do entorno do vazadouro (74%).

De acordo com a amostragem, o odor desagradável ocorre principalmente no período mais chuvoso, na região que ocorre entre os meses de janeiro a junho (Figura 19). Este problema advém da decomposição da matéria orgânica que representam 50% do total de RSU de Castanhal-PA e é acentuado pela falta de tratamento adequado e seguro dos resíduos.

Figura 19 - Dados da Pluviosidade de Castanhal, Hidroweb (2000-2020)



Fonte: Autor (2022).

Nota: Adaptado do Hidroweb (2000-2020).

No período mais chuvoso, as bacias de contenção são saturadas e os RS são transportados para estradas e corpos d'água a partir do escoamento superficial. Este fato, limita o uso dos igarapés e corrobora com a morte da vida aquática. Os dados obtidos indicaram que mais de $\frac{1}{2}$ metro das bases dos igarapés na agrovila é composta por rejeitos transportados do vazadouro. Este problema advém da ausência de barreira que impeça o transporte do lixiviado pelo escoamento natural, acentuado pelas chuvas constantes entre janeiro a junho.

Além disso, observou-se que no período menos chuvoso (janeiro a junho) as áreas utilizadas para disposição do RSU são relativamente baixas (Figura 20a) e próximas às estradas do entorno do vazadouro. Sendo assim, no período mais chuvoso são formadas naturalmente bolsões de acumulação de água da chuva com potencial de contaminação do solo e corpos hídricos (Figura 20b).

Figura 20 - a) Área com baixa declividade do vazadouro próxima a estrada de acesso a Boa Vista; b) Área com contenção de água da chuva.



Fonte: Autor (2022).

Além dos problemas identificados, os dados obtidos indicaram que no período de menor índice pluviométrico, ocorrem queimadas constantes na área do vazadouro e afetam as áreas do entorno, em particular a comunidade do ramal Boa Vista, onde a incidência de fumaça é intensa, pela direção predominante dos ventos voltada a esta localidade, dificultando o tráfego de veículos, ciclistas e pedestres.

De acordo com relato dos catadores, as queimadas no vazadouro ocorrem por três fatores: diminuição da quantidade de RS (Figura 21), que não são comercializados, utilização de novas áreas para recebimento de RS e protesto contra a prefeitura por melhores condições de trabalho, máquinas e equipamento. Entretanto, os focos de fogo se propagam pela comunidade e afetam áreas particulares.

Figura 21 - Área dentro vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA com RS em processo de queima a céu aberto.



Fonte: Autor (2022).

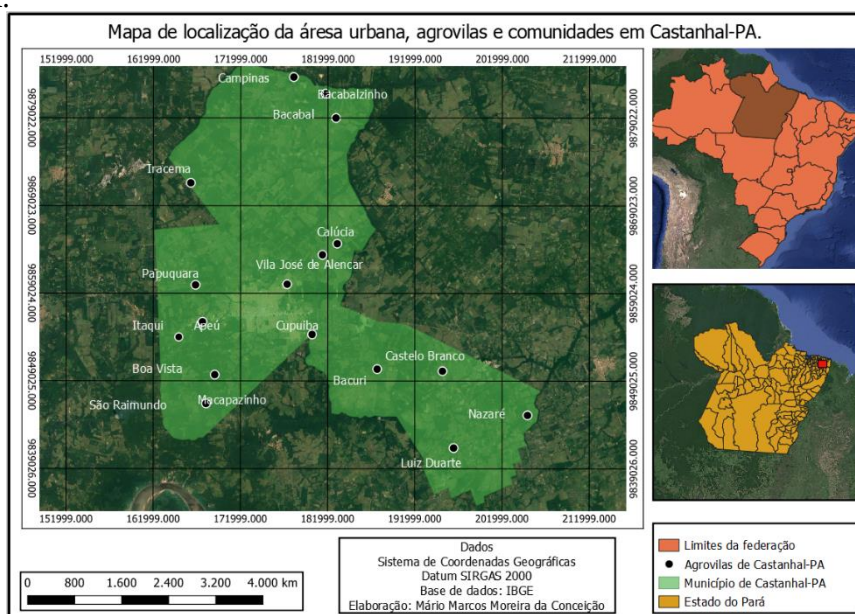
Quanto aos problemas sociais, foi identificado a marginalização da área do entorno, que ocasionam o constrangimento da comunidade por problemas com invasão de propriedades particulares para disposição de RS por empresas particulares. Assim, tais situações fomentam problemas da comunidade com os catadores e geram conflitos constantes, haja vista que os catadores também invadem as terras e orientam os locais de disposição dos RS em propriedades particulares.

Os entraves econômicos identificados se referem a desvalorização das propriedades próximas a comunidade do Boa Vista e a falta de investimento público e privado nas proximidades das AID do vazadouro, que, por se tratar de um local de disposição de RSU e rejeitos, fomenta a visibilidade depreciativa por parte de quem frequenta o local.

5.1.2.3 Área de Influência Indireta (AII)

A AII corresponde a ADA, AID mais o território do município de Castanhal-PA e agrovilas onde é realizado o serviço de coleta dos RSU. Esta área recebe os impactos/danos indiretos, de forma menos significativo do que os que ocorrem nas áreas diretamente afetadas e de influência direta. Os problemas são inerentes a ausência de critérios mais eficientes no processo de gestão e gerenciamento dos RSU em Castanhal-PA, o que eleva os gastos com os serviços prestados e minimiza o empenho do sistema no município (Figura 22).

Figura 22 - Mapa de localização da Área de Influência Indireta (AII) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.



Fonte: Autor (2022).

As áreas potencialmente ameaçadas pelos impactos/danos indiretos da operação do vazadouro, abrangem principalmente a possibilidade de contaminação do recurso hídricos subterrâneos, que podem tomar extensões intermunicipais de danos, e os meios físicos e socioeconômico pelo tráfego de veículos pesados, vazamento de resíduos líquidos pelos carros de coleta de RSU, assim como as áreas susceptíveis de serem impactadas por possíveis acidentes na atividade, como nas vias de acesso ao local e todo o território de Castanhal-PA e agrovilas. Porém, o fator de maior dano se relaciona ao sistema de coleta e transporte dos RSU, pois, não segue um método que promova a diminuição de danos e eficiência do processo.

Em pesquisa realizada no município de Castanhal-PA por Nascimento (2020) foi indicado que não há informações quanto a existência de setores e itinerários de coleta e

transporte de RSU, os percursos e tempos de coleta produtiva, improdutivo e de transporte, a cobertura de atendimento do serviço e a padronização da frequência.

Neste viés, Nascimento (2020) indicou que uma solução para as deficiências operacionais é o desenvolvimento de um sistema, a partir do dimensionamento operacional e a modelagem computacional dos itinerários. O sistema proposto pelo autor para coleta e transporte de RSU possibilitou a criação de 15 setores e a determinação de 15 itinerários de coleta e transporte de RSU, sendo uma excelente opção para diminuir gastos e aumentar a produtividade de acordo com vantagens estabelecidas.

De acordo com Nascimento (2020), o sistema de gestão e gerenciamento dos RSU em Castanhal-PA, possuía um custo operacional médio de R\$ 179.998,78 mensal, e custo total de R\$2.159.985,30 em 2019. Já no sistema proposto pelo autor, o custo médio mensal é de R\$56.728,15 o custo total é de R\$680.737,80. De modo geral, constatou-se na pesquisa a possibilidade técnica e econômica de implantação do sistema proposto e aplicação do sistema para outros municípios brasileiros. Entretanto, a partir de informações da SEMOB com a entrevista semiestruturada, não houve aplicação da proposta e nem há na referida secretaria um exemplar da pesquisa, mesmo sendo de conhecimento no local.

Outros entraves em um contexto geral são referentes a ausência do PMGIRS, a ausência de um aterro sanitário qualificado, a falta de políticas públicas específicas para os RSU, insuficiência da fiscalização da SEMMA sobre as empresas geradoras de RS, ausência de critérios específicos e eficientes no processo de gestão e gerenciamento dos RSU, carências de dados específicos sobre taxas, variedades e composição dos RSU, ausência de suporte para coleta seletiva e inserção dos catadores como empregados registrados, ausências de pesquisas específicas sobre as áreas apropriados para disposição final de RSU e ausência da intersectorialidade das secretarias municipais vinculadas ao saneamento básico.

5.1.2.4 Caracterização do uso e ocupação do solo

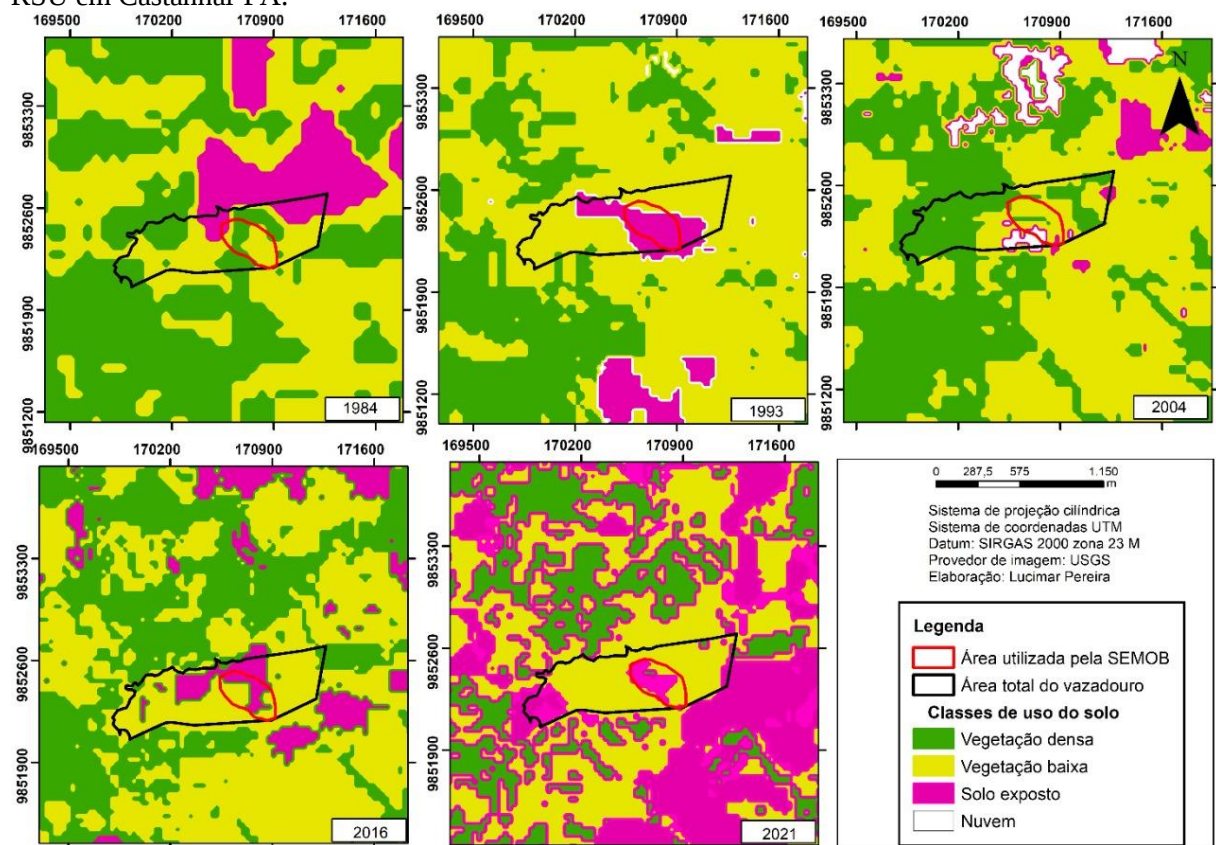
A partir do mapeamento do uso e ocupação do solo da área onde está inserido o vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, pode-se identificar uma predominância de áreas caracterizadas como: vegetação baixa e solo exposto tanto na área utilizada pela SEMOB para disposição final dos RSU quanto na área do entorno do vazadouro (Figura 23).

Entretanto, para o ano de 1984, antes da área ser utilizada como vazadouro, os dados obtidos indicam que havia considerável fragmento de vegetação densa. Após a implantação desse sistema de disposição final dos RSU em 1987, nota-se uma atuação intensa na área e

expressa por desmatamento em 1993. A partir disso, a área entrou em um processo de sucessão ecológica, onde, em 2004 é verificado fragmentos de vegetação baixa em maior escala.

Em 2016, pode-se observar que há uma quantidade pouco significativa de vegetação densa na área e no entorno do vazadouro, fato que pode ser justificado pela utilização da área por empresas não identificadas mais que dispõe os RS de forma ilegal nas proximidades, o que pode justificar a predominância de áreas com vegetação baixa e solo exposto. A falta de critérios para escolha de áreas específicas para disposição desses materiais também é característica marcante neste ano, com diversos pontos do vazadouro sendo utilizados.

Figura 23 - Classes de uso e ocupação do solo na área utilizada pela SEMOB para disposição final de RSU em Castanhal-PA.



Fonte: Autor (2022).

Em 2021, a área mais afetada pela disposição do RSU está dentro dos limites da área utilizada pela SEMOB. Sendo assim, percebe-se uma tendência da disposição dos RSU em uma área estabelecida, justificado pela presença de uma servidora pública que acompanha e organiza diariamente a frota de veículos que transportam os resíduos, contudo, sem critérios de expansão.

O processo inadequado de ocupação, principalmente, caracterizado por pouca cobertura vegetal na área do vazadouro provoca sério desequilíbrio ambiental (RODRIGUES *et al.*, 2019).

A predominância de fragmentos muito pequenos na unidade de pesquisa implica em consequências negativas para manutenção da biodiversidade, haja vista que a riqueza de espécies diminui à medida que os fragmentos sofrem redução de tamanho. Nesse viés, as espécies raras e aquelas que necessitam de habitats muito amplos ou especializados, são as mais suscetíveis aos efeitos da fragmentação (SAUNDERS *et al.*, 1991; TURNER, 1996).

5.1.3 Diagnostico das empresas recicladoras em Castanhal-PA

Referente a identificação de empresas que atuam no ramo da reciclagem em Castanhal-PA, os dados obtidos indicaram um total de 36 (trinta e seis) empreendimentos com CNPJ registrado, sendo que 19 (dezenove) estão em operação e 17 (dezessete) com baixa no CNPJ ou inativa. Quanto as empresas em funcionamento 5 (cinco) estão devidamente licenciadas pela SEMMA de Castanhal-PA, 11 (onze) não estão licenciadas, 1 (uma) em processo de licenciamento e 2 (duas) sem informações sobre a licença de operação (Tabela 6).

Tabela 6 - Empresas recicladoras no município de Castanhal-PA registradas e em operação. (continua)

	Empresas (Razão Social)	CNPJ	Atividade	Ano
01	Ambiental R 3 Comercio de Recicláveis e Serviços - EIRELI	34.209.417.0001-80 INAPTO Está em operação.	Coleta de resíduos até a sua disposição final e reciclagem. Coleta de equipamentos em desuso como celulares, computadores, CPUS, e etc.	2019
02	J F L TRAJANO EIRELI	41.930.712/0001-97 ATIVA	Coleta de resíduos não-perigosos.	2021
03	Cooperativa de trabalho dos catadores de materiais recicláveis de castanhal - COOPENORTE	25.117.580/0001-22 ATIVA	Materiais recicláveis em geral.	2016
04	Carlos Hermínio Cavalcante AS - Norte Reciclagem	42.822.519/0001-03 ATIVA	Recuperação de materiais metálicos, materiais plásticos e sucatas de alumínio.	2021
05	Eutropio Indústria de Transformação e Reciclagem de Pneus LTDA	10.840.188/0001-30 ATIVA	Reciclagem de Pneus	2009
06	E C da Silva Cardoso Souza – Recapagem Souza	08.048.202/0001-15 ATIVA	Reforma de pneumáticos usados	2006
07	E S A Reciclagem Limitada - W S Recicláveis	40.499.771/0001-90 ATIVA	Comércio atacadista de resíduos de papel, papelão, sucatas não-metálicos, resíduos e sucatas metálicos. Comércio a varejo de peças e acessórios usados para veículos automotores. Coleta de resíduos não-perigosos. Recuperação de materiais plásticos, sucatas de alumínio, materiais metálicos.	2021
08	IAESA – Instituto Ambiental Educacional e Social da Amazônia	Sem CNPJ ATIVA	Compra e venda de resíduos orgânicos.	2021

Fonte: Autor (2022).

Tabela 6 - Empresas recicladoras no município de Castanhal-PA registradas e em operação.
(conclusão)

09	Jr Sucataria e Reciclagem LTDA - Jr Metais	42.019.382/0001-45 ATIVA	Recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio.	2021
10	J A Reciclagem LTDA	30.310.664/0001-18 ATIVA	Recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio. Comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicos.	2018
11	J Machado Pneus LTDA	ATIVA	Reforma de pneumáticos usados.	2003
12	Mg Dantas Sucataria Eireli - Rei do Plástico	42.246.128/0001-80 ATIVA	Comércio atacadista de resíduos e sucatas não-metálicos, exceto de papel e papelão Comércio atacadista de resíduos de papel e papelão. Comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicos.	2021
13	NORPLASA INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	83.750.844/0001-87 ATIVA	Recuperação de materiais plásticos.	2005
14	Reciclagem Santos LTDA	41.191.233/0001-04 ATIVA	Comércio atacadista de resíduos de papel e papelão Comércio atacadista de resíduos e sucatas não-metálicos. Comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicos.	2021
15	Recapagem Fiel	04.857.744/0001-88 ATIVA	Reforma de pneumáticos usados.	2005
16	Rafael Modesto Barreto Nome Fantasia: Reciclo Reciclagem e Compostagem	40.609.921/0001-70 ATIVA	Coleta de resíduos orgânicos de todo tipo.	2021
17	Sucata rei	-- ATIVA	Venda e Compra de cobre, ferro, plástico, alumínio, latinha, bateria, metal, peças de ventilador, geladeira, freezer, máquina de lavar, e Ferragens em geral, treliças, cantoneiras, vergalhões, cano, grades para porta e janelas, peças para moto, bike e etc.	--
18	Sh Reciclagem Sergio Henrique das Chagas Santos	36.637.653/0001-23 ATIVA	Recuperação de sucatas de alumínio Secundária(s): Recuperação de materiais plásticos.	2020
19	VCS – Recapagem Vitória	83.774.992/0001-31 ATIVA	Reforma de pneumáticos usados.	2010

Fonte: Autor (2022).

Em relação às 11 (onze) empresas que não possuem licenciamento ambiental, a amostragem enumerou como fatores que justificam esta situação como sendo: ausência de incentivo por parte do setor público; altas taxas públicas administrativas (Documento de Arrecadação Municipal (DAM); taxas para emissão da licença prévia, licença de instalação e licença de operação; e, valores aplicados para solicitação de declaração de dispensa de outorga, quando a atividade utiliza este recurso no processo produtivo.

Ademais, é válido salientar que existem outros empreendimentos e trabalhadores autônomos que atuam no ramo de reciclagem de diversos materiais, fato confirmado no próprio vazadouro de Castanhal-PA, em que a partir da aplicação do formulário e entrevistas semiestruturadas foi possível identificar 10 (dez) compradores no referido local, entretanto, sem registro no CNPJ quanto a referida atividade.

Os principais fatores que promovem esta situação, de acordo com Blanco *et al.* (2017) estão relacionados à ausência de dados quantitativos e precisos de empresas que atuam nos municípios do Brasil e a insuficiência de investimentos para as associações, cooperativas e empresas privadas que atuam no processo de coleta seletiva de RSU. Este problema poderia ser atenuado, por exemplo, com mais incentivos do Poder Público.

Nesse viés, as empresas poderão atuar na coleta e destinação dos RS, haja vista que no processo de licenciamento ambiental os grandes geradores de RS são obrigados a destinar de forma ambientalmente adequada os resíduos apenas para empresas devidamente licenciadas, sendo comprovado por meio da emissão de comprovante de destinação final de resíduos, para cumprimento de condicionantes das licenças.

5.2 ETAPA 2 – APLICAÇÃO DO *CHECK LIST* E APLICAÇÃO DO IGD

5.2.1 - Aplicação do *check list*

Os dados obtidos para identificação dos danos socioambientais no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, a partir da aplicação do *Check list*, para os indicadores do meio físico (APÊNDICE F 1.1), indicadores do meio biótico e abiótico (APÊNDICE F 1.2) e das condições operacionais (APÊNDICE F 1.3), indicaram que todas os itens listados sofrem danos de ordem direta e indireta, com destaque para as condições operacionais precárias, demonstrando a insuficiente ação do poder público para mitigar ou minimizar os danos expressos no meio socioambiental e econômico.

Sendo assim, nota-se uma grande fragilidade do meio físico pela ausência de um sistema seguro no processo de disposição final dos RSU. A partir de visita *in loco*, foram identificados que os principais agravantes dessa problemática estão relacionados a inexistência de infraestrutura e a ausência de critérios técnicos em todo sistema, que, de acordo com Jacobi e Besen (2011) e Gouveia (2012), além de elevar os custos municipais na coleta dos resíduos e rejeitos, transporte e destinação final desses materiais, geram diversos inconvenientes e/ou risco à saúde humana e ao meio ambiente.

5.2.2 - Aplicação do IGD

5.2.2.1 Meio físico

Os dados obtidos a partir da aplicação do IGD para o meio físico (uso e ocupação do solo) no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, indicaram que as significâncias de todas as variáveis corresponderam a danos prejudiciais (Quadro 9), pois os limiares variaram entre (-

0,24 a -0,60), sendo que tais resultados são mais expressivos para a supressão vegetal (-0,60), alteração da capacidade de suporte do solo (-0,60) e danos aos corpos hídricos (-0,59).

Quadro 9 - Aplicação do IGD para o meio físico (uso e ocupação do solo) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

		Magnitude									Importância									IN (-1) e SU (1)		MAG	IMP	SIG
		D			E			I			A			R			S							
		1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9					
IND	Variáveis	CM	L	PE	PO	LO	RE	BA	ME	AI	AU	IN	PR	SI	TA	NA	NU	PA	TO					
Uso e ocupação do solo	Processo erosivos		X			X			X				X		X			X		-1	6/9	7/9	-0,51	
	Supressão vegetal		X			X			X		X					X		X		-1	7/9	7/9	-0,60	
	Dano ao relevo		X		X			X			X		X					X		-1	4/9	5/9	-0,24	
	Alteração da capacidade de suporte do solo		X			X			X			X		X				X		-1	7/9	7/9	-0,60	
	Danos a núcleos habitacionais		X			X			X			X		X				X		-1	7/9	5/9	-0,43	
	Danos aos corpos hídricos		X				X			X			X	X				X		-1	8/9	6/9	-0,59	
	Possibilidade de alteração da porosidade e densidade do solo		X		X				X				X	X				X		-1	5/9	2/3	-0,37	
	Compactação do solo		X		X				X				X	X				X		-1	5/9	2/3	-0,37	
	Alteração da permeabilidade do solo		X		X				X				X	X				X		-1	5/9	2/3	-0,37	
	Ausência de isolamento visual da vizinhança		X		X				X				X	X					X	-1	4/9	7/9	-0,34	
	Legalidade da atividade		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	2/3	-0,51	
	Média subtotal																							

Legenda: Indicadores – IND; Duração – D; Extensão – E; Intensidade – I; Acumulação – A; Reversibilidade – R; Sensibilidade – S; Curta a média – CM; Longa – L; Permanente – PE; Pontual – PO; Local – LO; Regional – RE; Baixa – BA; Média – ME; Alta – AI; Ausente – AU; Incerta – IN; Presente – PR; Sim – SI; Talvez – TA; Não – NA; Nula – NU; Parcial – PA; Total – TO; Limiar Inferior - IN (-1) e Limiar Superior - SU (1); Magnitude – MAG; Importância – IMP; Significância – SIG.

Fonte: Autor (2022).

Alusivo a supressão vegetal (-0,60), foi indicado uma forte influência do vazadouro no processo de degradação da vegetação remanescente e da limitação da regeneração natural, expressa pela predominância de vegetação rasteira e solo exposto, haja vista a atividade ser intensiva, diária e marcada por interferências que antecederam o vazadouro, como a pecuária.

Quanto a alteração da capacidade de suporte do solo (-0,60), se dá pela ausência de critérios e técnicas para disposição final dos RSU, que, somado a condição de solo exposto torna-o passível de contaminação pelo chorume produzido no local, que infiltra e percola no solo, especialmente no período de maior índice pluviométrico da região.

Os danos aos corpos hídricos também são intensos (-0,59), especificamente quando ocorre vazamento e escoamento pelas vias de acesso. Este fenômeno ocorre principalmente por dois fatores: período de chuvas intensas e saturação das áreas susceptíveis a alagamentos, que

propiciam o arraste de resíduos e rejeitos para os corpos d'água das proximidades, de modo específico, o igarapé Castanhal.

O dano identificado como menos prejudicial (mais distantes do limiar -1) foi inerente ao relevo (-0,24) devido a pouca alteração provocada pela disposição final dos RSU, pois o processo é apenas de disposição direta no solo, sem abertura de valas para este processo, que caracteriza o aterro controlado.

Para o indicador uso e ocupação do solo, foi possível identificar que o vazadouro está distante dos núcleos habitacionais. Neste contexto, a NBR 13.896 (BRASIL, 1997) estabelece que a distância mínima a núcleos populacionais deve ser superior a 500m, e, a comunidade mais próxima (Boa Vista) está a uma distância de mais de 1km do vazadouro. Além disso, a referida Norma estabelece que o sistema de disposição final de RSU deve ser localizado a uma distância mínima de 200m de qualquer coleção hídrica ou curso de água, logo, não foram identificados corpos hídricos superficiais no raio da distância estabelecida.

Ademais, foi identificada uma série de entraves advindos do processo de uso e ocupação do solo, como a supressão vegetal, que é caracterizada por vegetação rasteira de espécies herbáceas, que fomenta os processos erosivos especialmente nas áreas de solo exposto, originando dano ao relevo do terreno e alteração da capacidade de suporte do solo por não haver condições ótimas de resiliência, haja vista que a contaminação e exposição do mesmo é constante, sem controle e fomentam a alteração da porosidade, densidade do solo, compactação e permeabilidade.

Em alusão à aplicação do IGD para o meio físico (infraestrutura implantada) no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, a significância de todas as variáveis correspondeu a danos prejudiciais (Quadro 10), pois os limiares variaram entre (-0,44 a -0,60), sendo mais expressivos para a ausência de impermeabilização da base do vazadouro (-0,60) e ausência de sistema para tratamento do chorume (-0,59).

Relacionado a isto, a NBR 13.896 (ABNT, 1997) indica que a construção da base do sistema de disposição final de RSU deve ser efetuada com materiais que apresentem propriedades químicas compatíveis com o RS, com suficiente espessura e resistência, de modo a evitar rupturas devido a pressões hidrostáticas e hidrogeológicas, contato físico com o líquido percolado ou resíduo, condições climáticas e tensões da instalação da impermeabilização ou aquelas originárias da operação diária.

A ausência de sistema para tratamento do chorume (-0,59) também foi uma das variáveis que apresentou significância próxima a -1, pela influência que o chorume causa no solo e na

água, não apenas por contaminar estes recursos naturais mais também por limitar a capacidade de resiliência e de sobrevivência dos componentes bióticos.

Quadro 10 - Aplicação do IGD para o meio físico (infraestrutura implantada) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

		Magnitude									Importância									IN (-1) e SU (1)	MAG	IMP	SIG			
		D			E			I			A			R			S									
		1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9							
IND	Variáveis	CM	L	PE	PO	LO	RE	BA	ME	AI	AU	IN	PR	SI	TA	NA	NU	PA	TO							
Infraestrutura implantada	Ausência de cercamento da área		X			X			X				X		X			X		-1	2/3	7/9	-0,51			
	Ausência de sistema para tratamento do chorume		X				X			X			X	X				X		-1	8/9	2/3	-0,59			
	Ausência de sistema para drenagem de gases		X				X		X				X	X				X		-1	7/9	2/3	-0,51			
	Ausência de impermeabilização da base do vazadouro		X			X				X			X		X			X		-1	7/9	7/9	-0,60			
	Ausência de sistema de vigilância		X		X					X			X	X				X		-1	2/3	2/3	-0,44			
	Ausência de monitoramento das águas subterrâneas		X				X	X					X	X					X	-1	2/3	7/9	-0,51			
	Ausência do controle do recebimento e peso das cargas		X		X					X			X	X				X		-1	2/3	2/3	-0,44			
	Ausência de um sistema para drenagem das águas pluviais		X			X				X				X	X				X	-1	2/3	2/3	-0,44			
	Ausência de um sistema de iluminação no local		X		X						X			X	X				X	-1	2/3	2/3	-0,44			
	Média subtotal																								- 0,50	

Legenda: Indicadores – IND; Duração – D; Extensão – E; Intensidade – I; Acumulação – A; Reversibilidade – R; Sensibilidade – S; Curta a média – CM; Longa – L; Permanente – PE; Pontual – PO; Local – LO; Regional – RE; Baixa – BA; Média – ME; Alta – AI; Ausente – AU; Incerta – IN; Presente – PR; Sim – SI; Talvez – TA; Não – NA; Nula – NU; Parcial – PA; Total – TO; Limiar Inferior – IN (-1) e Limiar Superior – SU (1); Magnitude – MAG; Importância – IMP; Significância – SIG.

Fonte: Autor (2022).

Quanto à infraestrutura implantada, não existe cerca de proteção, sistema de vigilância e nem sistema de iluminação. De acordo a NBR 13.896 (ABNT, 1997), estes locais devem ter iluminação e força de modo a permitir uma ação de emergência mesmo à noite. Além disso, os acessos internos e externos devem ser protegidos, executados e mantidos de maneira a permitir sua utilização sob quaisquer condições climáticas.

A norma anteriormente citada estabelece que as áreas de disposição final de RSU devem possuir um sistema de comunicação interno e externo, para aplicação em ações emergenciais. No caso de Castanhal-PA, existe uma servidora pública que acompanha o processo *in loco*, entretanto, se restringe ao ordenamento da entrada e saída de caminhões que transportam os RSU e a organização dos catadores.

Quanto ao monitoramento de águas subterrânea (-0,59) foi identificado que é inexistente na área e nas proximidades do vazadouro. Mas, a NBR 13.896 (ABNT, 1997) afirma que todas as instalações que tratem, estoquem ou depositem resíduos não perigosos, devem possuir sistema de monitoramento de águas subterrâneas a partir de sistema de poços de monitoramento e deve ser constituído de no mínimo quatro poços, sendo um a montante e três a jusante no sentido do fluxo de escoamento do lençol freático.

Devido à ausência do sistema interno para drenagem das águas pluviais, é gerado o lixiviado que infiltra e percola no solo, gerando contaminação, gases e odor desagradável. O sistema de drenagem para a coleta e a remoção de líquido percolado do vazadouro é ausente, ou seja, sem a instalação de área impermeabilizada com dimensionado de forma a evitar a formação da lâmina de líquido percolado.

O sistema de drenagem de água não é inspecionado e regulado com a finalidade de manter, repor, desassorear e esgotar as bacias de contenção, a fim de manter o sistema em operação. Dessa forma, é notória a precariedade do sistema atual de disposição dos RSU no vazadouro, pois ele não apresenta as condições estabelecidas pela norma NBR 13.896 (ABNT, 1997).

Ao analisar a aplicação do IGD para o meio físico: acesso ao vazadouro (Quadro 11), os dados obtidos indicaram que as significâncias de todas as variáveis corresponderam a danos prejudiciais, pois os limiares variaram entre (-0,29 a -0,44). Os resultados mais expressivos foram para as péssimas condições do sistema viário (-0,44), e ausência de sinalização (-0,44).

As péssimas condições do sistema viário (-0,44) são identificadas desde a saída da malha urbana do bairro Pantanal, a aproximadamente 2 quilômetros do vazadouro, entretanto, as condições das vias de acesso dentro da área do vazadouro são extremamente marcadas por problemas estruturais que indicam a ausência de serviços de pavimentação e saneamento no local. Sendo assim, é frequente o alagamento, interrupção e disposição de RSU nas laterais das vias de acesso ao vazadouro.

A ausência de sinalização (-0,44) foi outra variável com significância próxima a -1, indicando piores condições. Este indicativo é referente a total ausência de sinalização tanto para acesso ao vazadouro quanto para identificação de locais de disposição final dos RSU ou de rotas dentro do vazadouro. Não há no local qualquer identificação com limitações ou demarcações das áreas, o que gera problemas constantes com invasões de terras particulares.

As variáveis ausência do controle de acesso no local e ausência de cercamento físico da área foram as mais distantes de -1, (-0,29) e (-0,30), respectivamente. Todavia, a variação entre todas as variáveis foi mínima, o que indica um grau de magnitude e importância equivalentes.

Quadro 11 - Aplicação do IGD para o meio físico (acesso ao aterro) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

		Magnitude									Importância									MAG	IMP	SIG	
		D			E			I			A			R			S						
		1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9				
IND	Variáveis	CM	L	PE	PO	LO	RE	BA	ME	AI	AU	IN	PR	SI	TA	NA	NU	PA	TO	IN (-1) e SU (1)			
Acesso ao vazadouro	Péssimas condições do sistema viário		X			X			X			X		X					X	-1	2/3	2/3	-0,44
	Falhas no sistema de frota e trânsito		X			X			X			X		X				X		-1	2/3	5/9	-0,37
	Ausência de sinalização		X			X			X				X	X					X	-1	2/3	2/3	-0,44
	Ausência do controle de acesso no local		X		X			X				X		X					X	-1	4/9	2/3	-0,29
	Ausência de cercamento físico da área		X		X				X			X		X				X		-1	5/9	5/9	-0,30
	Ausência de monitoramento das vias de acesso		X			X			X			X		X				X		-1	2/3	5/9	-0,37
	Média subtotal																						

Legenda: Indicadores – IND; Duração – D; Extensão – E; Intensidade - I; Acumulação - A; Reversibilidade - R; Sensibilidade – S; Curta a média – CM; Longa - L; Permanente – PE; Pontual – PO; Local – LO; Regional – RE; Baixa – BA; Média – ME; Alta – Al; Ausente – AU; Incerta – IN; Presente – PR; Sim – SI; Talvez – TA; Não – NA; Nula – NU; Parcial – PA; Total – TO; Limiar Inferior - IN (-1) e Limiar Superior - SU (1); Magnitude – MAG; Importância – IMP; Significância – SIG.

Fonte: Autor (2022).

De forma geral, os dados obtidos indicaram que a manutenção do sistema viário não é periódica e nem frequente. As vias de acesso são afetadas diretamente pelo tráfego de veículos que transportam RS e rejeitos. Esta situação é intensificada no período de maior índice pluviométrico da região, corroborando com danos aos veículos que acessam o local e elevando os gastos públicos com manutenção de máquinas em operação.

5.2.2.2 - Meio biótico e abiótico

A aplicação do IGD para o meio abiótico (solo) no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA (Quadro 12), indicou que as significâncias de todas as variáveis corresponderam a danos prejudiciais com variação dos limiares entre (-0,37 e -0,51), demonstrando uma tendência de similaridade dos resultados. Tais respostas são mais expressivas para a possibilidade da alteração na drenagem natural (-0,51), possibilidade de alteração na taxa de escoamento (-0,51), infiltração do lixiviado (-0,51) e danos a macrofauna edáfica (-0,51).

Quadro 12 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (solo) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

		Magnitude									Importância									IN (-1) e SU (1)	MAG	IMP	SIG
		D			E			I			A			R			S						
		1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9				
IND	Variáveis	CM	L	PE	PO	LO	RE	BA	ME	AI	AU	IN	PR	SI	TA	NA	NU	PA	TO				
Solo	Compactação do solo		X		X					X			X	X				X		-1	2/3	2/3	-0,44
	Alteração da dinâmica do solo		X		X					X			X	X				X		-1	2/3	2/3	-0,44
	Possibilidade da alteração na drenagem natural		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	2/3	-0,51
	Possibilidade de alteração no processo de escoamento		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	2/3	-0,51
	Resistência a penetração		X		X				X				X	X				X		-1	5/9	2/3	-0,37
	Possibilidade de alteração química do solo		X		X					X			X	X				X		-1	2/3	2/3	-0,44
	Possibilidade de alteração biológica do solo		X		X					X			X	X				X		-1	2/3	2/3	-0,44
	Possibilidade de alteração física do solo		X		X					X			X	X				X		-1	2/3	2/3	-0,44
	Exposição do solo		X		X					X			X	X				X		-1	2/3	2/3	-0,44
	Redução da biota do solo		X		X					X			X	X				X		-1	2/3	2/3	-0,44
	Qualidade da cobertura do solo		X		X					X			X	X				X		-1	2/3	2/3	-0,44
	Infiltração do lixiviado		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	2/3	-0,51
	Danos a macrofauna edáfica		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	2/3	-0,51
	Médias subtotal																						

Legenda: Indicadores – IND; Duração – D; Extensão – E; Intensidade – I; Acumulação – A; Reversibilidade – R; Sensibilidade – S; Curta a média – CM; Longa – L; Permanente – PE; Pontual – PO; Local – LO; Regional – RE; Baixa – BA; Média – ME; Alta – AI; Ausente – AU; Incerta – IN; Presente – PR; Sim – SI; Talvez – TA; Não – NA; Nula – NU; Parcial – PA; Total – TO; Limiar Inferior - IN (-1) e Limiar Superior - SU (1); Magnitude – MAG; Importância – IMP; Significância – SIG.

Fonte: Autor (2022).

Outras maiores representatividades do IGD são inerentes à compactação do solo, alteração da dinâmica do solo, resistência a penetração, alteração química do solo, alteração biológica do solo, alteração física do solo, exposição do solo, redução da biota do solo e qualidade da cobertura do solo, que corresponderam a pontuação -0,44, estas variáveis são diretamente influenciadas pela tipologia dos RSU dispostos no vazadouro e grau de periculosidade, especialmente pela presença do chorume.

Os problemas alusivos ao chorume, de acordo com Barbosa *et al.* (2000), estão relacionados a composição potencialmente nociva a saúde ambiental como: matéria orgânica dissolvida, metano, os ácidos graxos voláteis, hidrocarbonetos aromáticos, fenóis, compostos alifáticos clorados, Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Potássio (K), Nitrogênio amoniacal (N-NH₄), Cobre (Cu) e Zinco (Zn); (d) ânions: HCO₃⁻;

Cl⁻, SO₄²⁻; e, metais tóxicos: Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Chumbo (Pb), Níquel (Ni), e Mercúrio (Hg).

As alterações químicas no solo ocorrem devido a absorção de contaminantes, facilitados pela ocorrência de precipitação no local e pela condição atual da qualidade deste recurso. Nesse contexto, Fávaro (2014), Araújo (2015), Korf *et al.* (2008) e Soares (2006) expõem que o aumento do pH, por exemplo, acarreta maior retenção de metais, tendo assim sua disponibilidade reduzida.

Em relação à presença de matéria orgânica, quando maior a concentração desta, assim também será a retenção de metais, e, além de ser um forte indicador de qualidade do solo, tem influência na adsorção de metais pesados, contribui para a formação de agregados, retenção de água, e influência no pH (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015; TEIXEIRA *et al.*, 2017).

De acordo com Vale Júnior *et al.* (2011) e Encinas, Teixeira e Lima (2014), os solos amazônicos possuem alta acidez, decorrente da elevada concentração de hidrogênios (H⁺) oriundos da decomposição da matéria orgânica em solos úmidos após períodos chuvosos. Sendo assim, o cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), sódio (Na⁺), potássio (K⁺) e alumínio (Al³⁺) são facilmente absorvidos pelas plantas, de acordo com a faixa de pH ideal no solo (RONQUIM, 2010; TEIXEIRA *et al.*, 2015).

Dessa forma, é imprescindível o monitoramento da qualidade do solo a partir de laudos físico-químicos, para caracterizar o solo da área do vazadouro e a proposição de um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), como tentativa de minimizar os danos diagnosticados.

Em relação a aplicação do IGD para o meio abiótico (água) no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA (Quadro 13), os dados obtidos indicaram que as significâncias de todas as variáveis corresponderam a danos prejudiciais equivalentes (-0,51), pois tanto a magnitude quanto a importância são equipolentes.

Quadro 13 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (água) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

(continua)

		Magnitude									Importância									IN (-1) e SU (1)	MAG	IMP	SIG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		D			E			I			A			R			S																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
IND	Variáveis	CM	1/9	2/9	3/9	PO	1/9	2/9	3/9	BA	1/9	2/9	3/9	AI	0	AU	2/9	3/9	IN	1/9	2/9	3/9	SI	1/9	2/9	3/9	TA	2/9	3/9	NA	3/9	0	NU	2/9	3/9	PA	2/9	TO	3/9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Água	Possibilidade de contaminação química da água			X				X						X				X	X							X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

Fonte: Autor (2021).

Quadro 13 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (água) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

(conclusão)

		Magnitude									Importância									IN (-1) e SU (1)	MAG	IMP	SIG
		D			E			I			A			R			S						
IND	Variáveis	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9	IN (-1) e SU (1)	MAG	IMP	SIG
		CM	L	PE	PO	LO	RE	BA	ME	AI	AU	IN	PR	SI	TA	NA	NU	PA	TO				
Água	Possibilidade de contaminação física da água		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	2/3	-0,51
	Possibilidade de contaminação microbiológica da água		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	2/3	-0,51
	Presença de lixiviado		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	2/3	-0,51
	Médias subtotal																						- 0,51

Legenda: Indicadores – IND; Duração – D; Extensão – E; Intensidade - I; Acumulação - A; Reversibilidade - R; Sensibilidade – S; Curta a média – CM; Longa - L; Permanente – PE; Pontual – PO; Local – LO; Regional – RE; Baixa – BA; Média – ME; Alta – Al; Ausente – AU; Incerta – IN; Presente – PR; Sim – SI; Talvez – TA; Não – NA; Nula – NU; Parcial – PA; Total – TO; Limiar Inferior - IN (-1) e Limiar Superior - SU (1); Magnitude – MAG; Importância – IMP; Significância – SIG.

Fonte: Autor (2022).

Os danos referentes às variáveis relacionadas a qualidade da água são principalmente devidos ao escoamento das águas da chuva juntamente com o lixiviado e aos componentes dos RSU, que fomentam o assoreamento e homogeneização do leito dos igarapés e nascentes, diminuição da diversidade de habitats e microhabitat e aumento nas concentrações de fósforo e nitrogênio.

Tal problemática se concentra, de acordo com Gouveia (2012), Sales *et al.* (2014), e Barros, Dias e Araújo (2015), na possibilidade de ocasionar a eutrofização dos corpos hídricos, infecções gastrointestinais, disenteria, leptospirose, cólera e hepatite, nos usuários deste recurso, e, possibilidade de contaminação das águas subterrâneas por meio da infiltração e percolação.

Inerente a aplicação do IGD para o meio abiótico (ar) no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA (Quadro 14), os dados obtidos indicaram que as significâncias de todas as variáveis corresponderam a danos prejudiciais, pois os limiares variaram entre (-0,37 a -0,59). Esses resultados são mais significativos para o aumento da concentração de gases (-0,59), queima dos rejeitos (-0,51) e emissão de odores (-0,51).

O aumento da concentração de gases ocorre devido a crescente demanda de matéria orgânica no vazadouro, que, pela ausência de tratamento geram gases como o CO₂ e CH₄. De acordo com Bogner *et al.* (2008), a emissão destes gases no setor dos RS equivale a 18% das emissões antropogênicas em todo o mundo, sendo necessário medidas de remediação em áreas de disposição final de RSU, como em Castanhal-PA.

Quanto a queima dos RSU e rejeitos (-0,51) o fator mais agravante à qualidade do ar é a magnitude do dano pela queima a céu aberto dos materiais, sem critérios técnicos, que podem gerar grande quantidade de partículas compostas por metais pesados, compostos orgânicos e hidrocarbonetos que atingem de forma direta o meio socioambiental, segundo Caixeta (2005).

A emissão de odor (-0,51) também é um dano de maior significância pela forte representatividade da magnitude desta variável, pois não compromete apenas o vazadouro, mas também a comunidade mais próxima (Boa Vista).

Em relação a significância dos danos mais distantes de -1, os dados obtidos indicaram as variáveis: transporte de resíduos pelo vento, presença de material particulado e bioindicadores (líquens e musgos), todas com a quantificação negativa (-0,37).

O transporte de resíduos pelo vento e a presença de material particulado são as variáveis mais expressivas, especialmente no período menos chuvoso, que é agravado pela queima de RSU. Especificamente no vazadouro, a presença de poeira é intensa e compromete a respiração. Na comunidade do entorno ocorre em maior frequência o arraste de resíduos pelo vento e emissão de fumaças constantes pela queima dos RSU.

Quadro 14 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (ar) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

		Magnitude									Importância									MAG	IMP	SIG		
		D			E			I			A			R			S							
		1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	1/3	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9					
IND	Variáveis	CM	L	PE	PO	LO	RE	BA	ME	AI	AU	IN	PR	SI	TA	NA	NU	PA	TO	IN (-1) e SU (1)				
Ar	Aumento da concentração de gases			X			X		X				X	X				X		-1	8/9	2/3	-0,59	
	Poeira		X			X			X				X	X				X		-1	2/3	2/3	-0,44	
	Alterações do microclima local		X			X			X				X	X				X		-1	2/3	2/3	-0,44	
	Transporte de resíduos pelo vento		X			X		X					X	X				X		-1	5/9	2/3	-0,37	
	Presença de material particulado		X			X		X					X	X				X		-1	5/9	2/3	-0,37	
	Queima dos RSU e rejeitos		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	2/3	-0,51	
	Emissão de odores		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	2/3	-0,51	
Médias subtotal																								- 0,46

Legenda: Indicadores – IND; Duração – D; Extensão – E; Intensidade – I; Acumulação – A; Reversibilidade – R; Sensibilidade – S; Curta a média – CM; Longa – L; Permanente – PE; Pontual – PO; Local – LO; Regional – RE; Baixa – BA; Média – ME; Alta – AI; Ausente – AU; Incerta – IN; Presente – PR; Sim – SI; Talvez – TA; Não – NA; Nula – NU; Parcial – PA; Total – TO; Limiar Inferior - IN (-1) e Limiar Superior - SU (1); Magnitude – MAG; Importância – IMP; Significância – SIG.

Fonte: Autor (2022).

Além dos danos já identificados, os gases gerados em áreas de vazadouros, segundo Robins (2008) e Goldemberg e Lucono (2008), podem ocasionar a diminuição da percepção visual, da capacidade de trabalho, da destreza manual, da capacidade de aprendizagem, do desempenho de tarefas complexas, do aumento da reatividade das vias aéreas, da diminuição da função pulmonar, do aumento das infecções respiratórias, decréscimo de função pulmonar, aumento de reatividade das vias aéreas e inflamação pulmonar.

A aplicação do IGD para o meio biótico (fauna) no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, indicou que as significâncias de todas as variáveis corresponderam a danos prejudiciais (Quadro 15), com os limiares variando entre (-0,51 e -0,79), demonstrando uma tendência de equivalência da magnitude e importância das variáveis. Esses resultados são mais significativos para a alteração da biodiversidade nativa (-0,79), alteração da dinâmica populacional (-0,69), interrupção dos fluxos gênicos (-0,69) e aumento do fluxo migratório (-0,69).

Quadro 15 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (fauna) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

		Magnitude									Importância									IN (-1) e SU (1)	MAG	IMP	SIG	
		D			E			I			A			R			S							
		1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9					
IND	Variáveis	CM	L	PE	PO	LO	RE	BA	ME	AI	AU	IN	PR	SI	TA	NA	NU	PA	TO					
Fauna	Stress da fauna			X		X				X			X	X				X		-1	8/9	6/9	-0,59	
	Perda de habitats			X		X				X			X	X				X		-1	8/9	6/9	-0,59	
	Possibilidade de contaminação da cadeia alimentar		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	6/9	-0,51	
	Afugentamento da fauna		X			X				X			X		X			X		-1	7/9	7/9	-0,60	
	Diminuição da base genética		X			X				X			X		X			X		-1	7/9	7/9	-0,60	
	Alteração da dinâmica populacional			X		X				X			X		X			X		-1	8/9	7/9	-0,69	
	Interrupção dos fluxos gênicos			X		X				X			X		X			X		-1	8/9	7/9	-0,69	
	Alteração da biodiversidade nativa			X		X				X			X			X		X		-1	8/9	8/9	-0,79	
	Aumento do fluxo migratório		X			X				X			X			X		X		-1	7/9	8/9	-0,69	
	Médias subtotal																							

Legenda: Indicadores – IND; Duração – D; Extensão – E; Intensidade – I; Acumulação – A; Reversibilidade – R; Sensibilidade – S; Curta a média – CM; Longa – L; Permanente – PE; Pontual – PO; Local – LO; Regional – RE; Baixa – BA; Média – ME; Alta – AI; Ausente – AU; Incerta – IN; Presente – PR; Sim – SI; Talvez – TA; Não – NA; Nula – NU; Parcial – PA; Total – TO; Limiar Inferior – IN (-1) e Limiar Superior – SU (1); Magnitude – MAG; Importância – IMP; Significância – SIG.

Fonte: Autor (2022).

Os componentes faunísticos registrados dentro e no entorno dos limites da área útil do vazadouro, são compostos por espécies comuns e que apresentam alta plasticidade fenotípica para sobrevivência em ambientes mais antropizados, tais resultados também foram confirmados

por Conceição *et al.* (2020). Os indivíduos diagnosticados no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA são urubus (Figura 24 a, b e d), garças (Figura 24 b), sapos, cachorros (Figura 24 c) e pássaros comuns.

Figura 24 - A e D) presença de urubus na área do vazadouro; B) presença de garças e urubus na área do vazadouro; C) presença de cachorro na área do vazadouro.



Fonte: Autor (2022).

A biodiversidade nativa é impactada pela poluição/contaminação dos habitats que promovem um desequilíbrio ecológico. Ademais, a predominância de áreas com vegetação baixa e solo expostos limita a sobrevivência de indivíduos faunísticos e fomenta a alteração da dinâmica populacional, interrupção dos fluxos gênicos e aumento do fluxo migratório.

Sendo assim, a presença mais significativa é de urubus, garças e artrópodes, que se alimentam de resíduos orgânicos dispostos diretamente no solo. Nesse contexto, Costa *et al.* (2016) efetuaram uma pesquisa no vazadouro a céu aberto no Município de Cristalândia-PI, e destacaram que estas variáveis ocorrem de forma intensa, e, uma vez executada a ação, os efeitos continuam a manifestar-se por escala temporal indeterminada, fato que necessita de medidas de mitigação e recomposição, especialmente de espécies perdidas, a partir de um banco de dados local.

A aplicação do IGD para o meio abiótico (flora) no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA (Quadro 16), indicou que as significâncias de todas as variáveis corresponderam a danos prejudiciais, pois os limiares variaram entre (-0,30 a -0,79). Os resultados são mais expressivos para a supressão parcial da vegetação, alteração da dinâmica populacional, interrupção dos

fluxos gênicos e redução da biodiversidade nativa, com significância equivalente a -0,69. A supressão total (-0,30) é um fator negativo com intensidade média, pois ainda existem indivíduos florísticos no local e pelo entorno, o que caracteriza uma possibilidade de sucessão, que pode ser reforçada com um processo de reflorestamento na área.

Quadro 16 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (flora) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

		Magnitude									Importância									IN (-1) e SU (1)	MAG	IMP	SIG	
		D			E			I			A			R			S							
IND	Variáveis	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9					
		CM	L	PE	PO	LO	RE	BA	ME	AI	AU	IN	PR	SI	TA	NA	NU	PA	TO					
Flora	Supressão parcial			X		X				X			X		X			X		-1	8/9	7/9	-0,69	
	Supressão total		X		X				X				X		X		X			-1	5/9	5/9	-0,30	
	Alteração da dinâmica populacional			X		X				X			X		X			X		-1	8/9	7/9	-0,69	
	Diminuição da base genética			X		X				X			X			X	X			-1	8/9	6/9	-0,59	
	Interrupção dos fluxos gênicos			X		X				X			X			X		X		-1	8/9	8/9	-0,79	
	Redução da biodiversidade nativa			X		X				X			X		X			X		-1	8/9	7/9	-0,69	
	Limitação no processo de regeneração			X	X					X			X		X			X		-1	7/9	7/9	-0,60	
	Dano ao processo de dispersão de sementes			X		X				X			X	X				X		-1	8/9	6/9	-0,59	
	Espécies invasoras		X		X					X			X	X				X		-1	6/9	6/9	-0,44	
	Médias subtotal																							

Legenda: Indicadores – IND; Duração – D; Extensão – E; Intensidade – I; Acumulação – A; Reversibilidade – R; Sensibilidade – S; Curta a média – CM; Longa – L; Permanente – PE; Pontual – PO; Local – LO; Regional – RE; Baixa – BA; Média – ME; Alta – AL; Ausente – AU; Incerta – IN; Presente – PR; Sim – SI; Talvez – TA; Não – NA; Nula – NU; Parcial – PA; Total – TO; Limiar Inferior - IN (-1) e Limiar Superior - SU (1); Magnitude – MAG; Importância – IMP; Significância – SIG.

Fonte: Autor (2022).

Na área do vazadouro, o extrato herbáceo (grupo de plantas folhosas, não lenhosas, de pequeno porte e que vivem próximas ao solo), a exemplo das ervas e gramíneas, apresentou maior predominância. De acordo com Santos e Matos (2017), esta majoritária prevalência pode ser explicada pelas características inerentes aos indivíduos que os compõem, tais como: rápido desenvolvimento, período de fertilidade longo, geração de um grande número de descendentes, mais de uma alternativa de reprodução, sistemas de autopolinização e polinização cruzada, facilidade de adaptação a condições diversas, baixa exigência nutricional, sementes pequenas de fácil dispersão e dispersão por formas diversas (fauna, água, vento).

As principais espécies identificadas na área do vazadouro são: imbaúba, mamão, capim, gramíneas e mamona. Entretanto, as espécies mais significativas identificadas são *Ricinus communis* (Figura 25).

Figura 25 - A) Espécie de mamona: *Ricinus communis* L; B) espécie de mamão: *Carica papaya*.



Fonte: Autor (2022).

Além dessas espécies, é possível verificar uma extensa área degradada e ocupada por espécies arbustivas de gramíneas, tanto nos pontos atuais de disposição dos RSU, quanto na área de acesso ao vazadouro (Figura 26).

Figura 26 - a) Espécies arbustivas na área de acesso ao vazadouro; b) espécies arbustivas na área para disposição de RS; c) e d) espécies arbustivas – capim, na área de acesso ao vazadouro; e) espécie de mamona no entorno da cédula de RS; f) espécies de mamona.



Fonte: Autor (2022).

Tais fatores, limitam o processo de sucessão ecológica devido a carência de espécies arbóreas e grande quantidade de espécies arbustivas em poucas variedades. Além disso, a

atividade constante no vazadouro reduz a capacidade de suporte do solo, o que limita o desenvolvimento de espécies vegetais.

A alteração da biodiversidade nativa da flora é expressa por meio do desmatamento intenso no vazadouro e nas áreas do entorno, que atualmente é caracterizado por solos expostos e vegetação rasteira. Além disso, a variedade de indivíduos faunísticos é mínima e representada por indivíduos herbáceos e característicos de áreas degradadas ou alteradas como a *Cecropia pachystachya* (embaúba).

Essas limitações e danos advindos da disposição dos RSU e supressão vegetal parcial, fomentaram principalmente a alteração da dinâmica populacional e redução da biodiversidade nativa pela perda e limitação da base genética e interrupção gênicos dos indivíduos. Atrelado a isso tem a alteração do processo de dispersão de sementes pois a área não apresenta características de habitats para espécies faunísticas. Em contrapartida, algumas espécies invasoras colonizam a área por sua capacidade de sobrevivência em ambientes alterados, como a espécie de mamona: *Ricinus communis*, fato também observado na pesquisa de Santos e Matos (2017).

Em relação a aplicação do IGD para o meio biótico (antrópico) no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA (Quadro 17), os dados obtidos indicaram que as significâncias de todas as variáveis corresponderam a danos prejudiciais, pois os limiares variaram entre (-0,18 a -0,59). Os resultados são mais significativos para risco de acidentes (-0,59), alteração negativa da qualidade de vida dos catadores (-0,51), poluição visual (-0,51), danos a áreas circunvizinhas (-0,51) e conflito com moradores e vizinhança (-0,51).

Alteração da qualidade de vida dos catadores (-0,18) é um dos fatores mais significativos, mas, com pouca influência, atrelada apenas a renda diária adquirida. Porém, as precárias condições de trabalho e exposição dos catadores a condições de insalubridade, propiciam danos que podem ser irreparáveis, como a possibilidade de acidentes, cortes com objetos contaminados e doenças nas vias respiratórias.

Quadro 17 - Aplicação do IGD para o meio biótico e abiótico (antrópico) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

		Magnitude									Importância									IN (-1) e SU (1)	MAG	IMP	SIG
		D			E			I			A			R			S						
		1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9				
IND	Variáveis	CM	L	PE	PO	LO	RE	BA	ME	AI	AU	IN	PR	SI	TA	NA	NU	PA	TO				
Meio Antrópico	Exposição dos catadores		X		X					X			X	X				X		-1	6/9	6/9	-0,44
	Oferta de empregos informais	X				X			X			X		X				X		-1	5/9	5/9	-0,30
	Alteração da qualidade de vida dos catadores	X			X			X				X		X				X		1	3/9	5/9	-0,18
	Alteração negativa da qualidade de vida dos catadores		X			X				X		X			X			X		-1	7/9	6/9	-0,51
	Dermatites de contato		X		X				X				X	X				X		-1	5/9	6/9	-0,37
	Doenças respiratórias		X		X				X				X	X				X		-1	5/9	6/9	-0,37
	Incidência de doenças por vetores		X		X			X					X	X				X		-1	4/9	6/9	-0,29
	Risco de acidentes			X		X				X			X	X				X		-1	8/9	6/9	-0,59
	Poluição visual		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	6/9	-0,51
	Danos a áreas circunvizinhas		X			X				X			X	X				X		-1	7/9	6/9	-0,51
	Aumento do risco de acidentes por animais peçonhentos		X			X			X				X	X				X		-1	6/9	6/9	-0,44
	Desvalorização de terrenos vizinhos			X		X				X			X		X		X			-1	8/9	5/9	-0,49
	Geração de emprego	X			X			X				X		X					X	1	3/9	6/9	0,22
	Ausência de mão de obra qualificada	X			X					X			X	X				X		-1	5/9	6/9	-0,37
	Conflito com moradores e vizinhança		X			X			X				X		X			X		-1	6/9	7/9	-0,51
Médias subtotal																						- 0,33	

Legenda: Indicadores – IND; Duração – D; Extensão – E; Intensidade – I; Acumulação – A; Reversibilidade – R; Sensibilidade – S; Curta a média – CM; Longa – L; Permanente – PE; Pontual – PO; Local – LO; Regional – RE; Baixa – BA; Média – ME; Alta – AI; Ausente – AU; Incerta – IN; Presente – PR; Sim – SI; Talvez – TA; Não – NA; Nula – NU; Parcial – PA; Total – TO; Limiar Inferior - IN (-1) e Limiar Superior - SU (1); Magnitude – MAG; Importância – IMP; Significância – SIG.

Fonte: Autor (2022).

Dentre os fatores que fomentam a presença de catadores no vazadouro, o desemprego é o principal. Este grupo de catadores não possui escolaridade concluída e, conforme observado nas visitas de campo, atuam em condições precárias, sem equipamentos de proteção individual, compondo uma atividade irregular e ambientalmente inadequada, sob os aspectos social, econômico e ecológico.

De acordo com Lima *et al.* (2011), em uma pesquisa desenvolvida no vazadouro a céu aberto de São Vicente do Seridó-PB, os autores concluíram que a disposição inadequada dos RSU pode ocasionar doenças como: micoses, leptospirose, diarreias, infecções, dengue e febre, sendo este fato comprovado por 66,7% dos catadores, quando entrevistados sobre quais as doenças mais frequentes relacionadas ao vazadouro.

Em complemento a estes dados, em um estudo realizado por Cavalcante e Franco (2007) no vazadouro a céu aberto de Jangurussu em Fortaleza – CE, os autores concluíram que uma

das principais doenças ocupacionais mencionadas por catadores foi a micose, aparecendo com maior frequência nas mãos e pés.

Alusivo aos artrópodes identificados no vazadouro, os mosquitos da família Culicidae, se apresentam como um risco aos catadores, pois, em condições ideais, podem transmitir doenças como: dengue, febre amarela, filariose e malária. Além disso, estas áreas promovem a proliferação de Diptera associados aos rejeitos, particularmente os Calliphoridae, Muscidae (principalmente Mosca doméstica) e Sarcophagidae (HOWARD, 2001). A mosca comum, tende a dominar e pode chegar a representar até 92% da fauna de Diptera no vazadouro, segundo Lole (2005).

Os dados obtidos também indicaram a presença de baratas domésticas (*Periplaneta Americana*), que são importadas da região urbana para o vazadouro. Roth *et al.* (1957) citam-nas como vetores do vírus da poliomielite, de bactérias intestinais e, indiretamente, da cólera, tifo, amebíase e giardíase. Entretanto, não há preocupação ou atuação do poder público para atuar nestas questões em prol dos catadores de Castanhal-PA.

Além desses entraves, o trabalho da catação está associado a diversos riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes. De acordo com Porto *et al.* (2004); Galon e Marziale (2016) e Mandelli (2017), a sobrecarga de peso e a postura forçada e incômoda durante a atividade podem gerar danos osteomusculares, conferindo danos à coluna), fato também identificado em Castanhal-PA, principalmente por mulheres acima dos 30 anos.

Complementar a isto, o contato e a inalação de produtos tóxicos como pesticidas, baterias e componentes eletroeletrônicos podem provocar alergias, infecções, doenças respiratórias, dermatoses e intoxicações, segundo Porto *et al.* (2004) e Ferron (2010). Acidentes com ferimentos, provocados por materiais perfurocortantes, podem levar a contaminações graves, uma vez que nesses espaços há a presença de espécies fúngicas (SOUZA, 2015).

Entretanto, os catadores se submetem a estas condições pela percepção dos RS como uma fonte de manutenção da vida, sustento e sobrevivência. Uma possível decorrência dessa visão é que os catadores percebem os riscos do trabalho, mas não os relacionam com problemas de saúde e a doenças relacionadas ao trabalho, de acordo com Porto *et al.* (2004) e Santos e Silva (2011) ou então, banalizam a gravidade do problema (COELHO *et al.*, 2016).

Os catadores têm o entendimento de saúde como a capacidade de trabalhar (PORTO *et al.*, 2004), por isso acreditam que não adoecem (PEREIRA *et al.*, 2012) ao mesmo tempo em que têm medo de contrair doenças graves sem cura (SANTOS; SILVA, 2011). Dessa forma, os resultados também foram perceptíveis no vazadouro de Castanhal-PA, no qual os catadores acreditam que pela exposição constante estão imunes a muitas patologias.

Entretanto, Siqueira e Moraes (2009) colocam que os RS são um problema de saúde pública em que a saúde é decorrente das condições de vida e do ambiente. Portanto, apresentam o conceito de saúde ambiental como um campo da saúde pública que foca na inter-relação da saúde com o ambiente, onde, o ambiente está relacionado com as interações do homem (sociedade e cultura) e seu meio (físico-biológico). Assim sendo, percebe-se que o entendimento de saúde é mais amplo do que a associação à doenças, pois abrange aspectos relacionados ao estilo de vida e às condições ambientais.

De acordo com pesquisas realizadas sobre esta temática (CARDOZO; MOREIRA, 2015; GALON; MARZIALE, 2016) foi considerado que as condições de trabalho do catador apresentam pouca representatividade no âmbito científico, o que torna necessária a intensificação de pesquisas que tenham como base as dificuldades do catador de material reciclável em sua rotina de trabalho.

Neste contexto, Mandelli *et al.* (2013) buscaram avaliar o entendimento do próprio catador sobre saúde e identificaram que os catadores demonstraram entender seu valor para a sustentabilidade ambiental e manifestaram expectativas em relação à produção de conhecimento sobre sua saúde e manutenção dela, reconhecendo as fragilidades existentes e as lacunas no atendimento às necessidades pessoais e coletivas

Por sua vez, Gutberlet *et al.* (2016) identificaram através de uma pesquisa-ação, problemas relacionados à saúde ocupacional do catador de material reciclável atrelado ao espaço físico, incluindo infraestrutura inadequada, falta de instalações elétricas, iluminação e ventilação deficientes, excesso de umidade e infiltração de água, presença de ratos, pombos, baratas e outros insetos, relações humanas conflituosas, dificuldades na administração e organização do trabalho, uso caótico e mal aproveitado do espaço.

Ferreira *et al.* (2016) e Gutberlet *et al.* (2016) se concentraram em traçar os perfis de saúde e estilo de vida de catadores de materiais recicláveis e constataram que além dos problemas de saúde mais diretos e imediatos, como dores na coluna, dermatoses ocupacionais e dores generalizadas no corpo, estão também sujeitos a intoxicações por substâncias em função de estarem expostos durante as várias fases da atividade a diferentes tipos de materiais, como componentes eletroeletrônicos.

Na pesquisa de Ferreira *et al.* (2016) foi observado que as doenças mais prevalentes na amostragem de catadores foram: hipertensão, com prevalência de 18,6%; alergias, com 12,0%; dores de cabeça, com 9,3%; hérnia de disco, também com 9,3%; e, lesão por esforço repetitivo (LER), com 8,0%. De modo geral, os resultados indicaram forte relação com o tipo de atividade desenvolvida pelos entrevistados.

5.2.2.3 - Condições operacionais

O IGD aplicado para as condições operacionais no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA (Quadro 18), indicou que as significâncias de todas as variáveis corresponderam a danos lesivos, pois os limiares variaram entre (-0,25 a -0,44). Esses resultados são mais significativos para a disposição de resíduos perigosos (-0,44), ausência de técnicas e equipamentos para incineração de resíduos (-0,37) e disposição de resíduos industriais (-0,37).

A presença de animais na área (-0,25) apresenta baixa intensidade, entretanto ainda é perceptível, haja vista que os alguns cachorros ceguem os donos até o local. Este fato ocorre devido à falta de um sistema de monitoramento e cercamento do vazadouro, sendo assim, a área fica vulnerável a entrada de quaisquer indivíduos.

Quadro 18 - Aplicação do IGD para condições operacionais (condições operacionais) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

		Magnitude									Importância									IN (-)	MAG	IMP	SIG
		D			E			I			A			R			S						
		1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9				
IND	Variáveis	CM	L	PE	PO	LO	RE	BA	ME	AI	AU	IN	PR	SI	TA	NA	NU	PA	TO				
Condições operacionais	Presença de animais	X			X			X					X	X					X	-1	3/9	7/9	-0,25
	Ausência de equipamentos de proteção individual dos catadores e servidores		X		X					X			X	X			X			-1	6/9	4/9	-0,29
	Disposição de resíduos perigosos		X			X			X				X	X				X		-1	6/9	6/9	-0,44
	Ausência de técnicas e equipamentos para incineração de resíduos		X			X			X				X		X		X			-1	6/9	5/9	-0,37
	Disposição de resíduos industriais		X		X				X				X	X				X		-1	5/9	6/9	-0,37
	Disposição de resíduos de serviços de saúde		X		X				X			X		X				X		-1	5/9	5/9	-0,30
Médias subtotal																						-0,33	

Legenda: Indicadores – IND; Duração – D; Extensão – E; Intensidade – I; Acumulação – A; Reversibilidade – R; Sensibilidade – S; Curta a média – CM; Longa – L; Permanente – PE; Pontual – PO; Local – LO; Regional – RE; Baixa – BA; Média – ME; Alta – AI; Ausente – AU; Incerta – IN; Presente – PR; Sim – SI; Talvez – TA; Não – NA; Nula – NU; Parcial – PA; Total – TO; Limiar Inferior – IN (-1) e Limiar Superior – SU (1); Magnitude – MAG; Importância – IMP; Significância – SIG.

Fonte: Autor (2022).

A disposição de resíduos perigosos ocorre sem restrição e sem controle na área do vazadouro e, de acordo com a classificação adotada pela NBR 10004 (BRASIL, 2004), tais RS seguem os critérios de riscos potenciais ao meio ambiente e a qualidade de vida pública, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, entre outras.

Os principais resíduos perigosos diagnosticados no vazadouro são: restos de tintas, materiais hospitalares, produtos químicos, lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias, que podem ser corrosivos, tóxicos, inflamáveis e patogênicos. Estes materiais são dispostos por empresas não identificadas, mas, citados por catadores e residentes do entorno do local. Além disso, outros RS são dispostos indevidamente no local: madeira, fibras, borracha, metal, vidros, cerâmicas, restos de tecidos e resíduos de construção e demolição.

A aplicação do IGD para as condições operacionais (outros fatores) no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA (Quadro 19), indicou que as significâncias de quase todas as variáveis corresponderam a danos prejudiciais, exceto para coleta material reciclável (+0,66), sendo assim, os limiares variaram entre (-0,37 a +0,69). De forma negativa, as variáveis com maior destaque são: risco de incêndio (-0,60) e desvalorização das áreas circunvizinhança (-0,69).

Quadro 19 - Aplicação do IGD para condições operacionais (outros fatores) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

IND		Variáveis		Magnitude									Importância									IN (-1) e SU (1)		MAG	IMP	SIG
				D			E			I			A			R			S							
				1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9	1/9	2/9	3/9	0	2/9	3/9					
		CM	L	PE	PO	LO	RE	BA	ME	AI	AU	IN	PR	SI	TA	NA	NU	PA	TO							
Outros fatores	Ausência de critérios para estimar a vida útil do vazadouro		X		X					X			X	X				X		-1	6/9	6/9	-0,44			
	Ausência de delimitação da área		X		X				X				X	X				X		-1	5/9	6/9	-0,37			
	Risco de incêndio			X	X					X			X		X			X		-1	7/9	7/9	-0,60			
	Ausência de iluminação para ação emergencial		X		X					X			X	X				X		-1	6/9	6/9	-0,44			
	Emissão de ruídos			X		X		X					X		X			X		-1	6/9	7/9	-0,51			
	Desvalorização das áreas circunvizinhança			X		X				X			X		X			X		-1	8/9	7/9	-0,69			
	Empresas que coletam material reciclável			X			X			X			X	X				X		1	9/9	6/9	+0,66			
Médias subtotal																							-0,34			

Legenda: Indicadores – IND; Duração – D; Extensão – E; Intensidade – I; Acumulação – A; Reversibilidade – R; Sensibilidade – S; Curta a média – CM; Longa – L; Permanente – PE; Pontual – PO; Local – LO; Regional – RE; Baixa – BA; Média – ME; Alta – AI; Ausente – AU; Incerta – IN; Presente – PR; Sim – SI; Talvez – TA; Não – NA; Nula – NU; Parcial – PA; Total – TO; Limiar Inferior - IN (-1) e Limiar Superior - SU (1); Magnitude – MAG; Importância – IMP; Significância – SIG.

Fonte: Autor (2022).

As empresas que coletam materiais recicláveis diretamente no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, não são devidamente regularizadas e totalizam 10 (dez), entretanto, a compra dos resíduos nem sempre é realizada e varia de acordo com a condição e tipologia dos materiais. A cadeia de reciclagem no município ainda é desconhecida pois apenas uma cooperativa é devidamente licenciada e as demais empresas recicladoras ainda atuam de forma clandestina.

Os riscos de incêndio no vazadouro (-0,60) são especificamente devido a queima a céu aberto dos resíduos e rejeitos, que em período menos chuvoso fomenta o surgimento de incêndios na vegetação do entorno, comprometendo os indivíduos da fauna e da flora e gerando um espaço de potencial risco aos residentes da comunidade do Boa Vista.

Sendo assim, o valor geral do IGD (-0,44) demonstra as precárias condições de todos os indicadores avaliados com danos que variaram entre -0,33 (condições operacionais) a -0,63 (fauna). Tais indicadores se aproximam de -1 e remetem a piores condições de qualidade do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

Portanto, a visibilidade expressa por meio da aplicação do IGD, expõe a dimensão da atividade realizada no vazadouro sobre os aspectos socioambientais e econômicos, sendo assim, uma ferramenta útil para tomada de decisões do poder público de Castanhal-PA. Entretanto, os limiares apresentados por Bressane *et al.* (2016) limitam a interpretação dos resultados obtidos pela ausência de uma fragmentação pautada em classificações mais precisas e realistas. Tais falhas também são identificadas em outras metodologias aplicadas em avaliações de impactos/danos socioambientais, como as matrizes de interação, sendo necessário ainda, adaptações para um efetivo enquadramento dos sistemas em avaliação.

5.3 ETAPA 3 – APLICAÇÃO DO IQAR

Os resultados obtidos com a aplicação do IQAR para a caracterização dos aspectos estruturais, operacionais e dos aspectos locacionais do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, indicaram predominância em todos os indicadores remetendo às condições inadequadas, ausente ou insuficiente.

5.3.1 Caracterização dos aspectos estruturais do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

No que se refere aos aspectos estruturais do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, os dados obtidos indicaram que a estrutura de apoio, frente de trabalho, taludes, bermas, superfície superior e estrutura de proteção ambiental variaram de condições inadequadas, inexistentes e insuficientes (Tabela 7).

As atribuições condizem com a qualificação de um vazadouro, pois, além deste sistema de disposição de RSU ser ilegal, não existem critérios socioambientais de um responsável técnico para proposições mitigadoras dos danos gerados.

Tabela 7 - Aplicação do IQAR proposto pela CETESB para o vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, referente a caracterização dos aspectos estruturais do vazadouro a céu aberto.

(continua)

Item	Subitem (CETESB 2020)	Fonte dos dados	Avaliação	Peso	Pontos
Estrutura de apoio	Portaria, balança e vigilância	<i>In loco</i>	Sim/suficiente	2	0
			Não/insuficiente	0	
	Isolamento físico	<i>In loco</i>	Sim/suficiente	2	0
			Não/insuficiente	0	
	Isolamento visual	<i>In loco</i>	Sim/suficiente	2	0
			Não/insuficiente	0	
	Acesso a frente de descargas	<i>In loco</i>	Adequado	3	0
			Inadequado	0	
Frente de trabalho	Dimensões da frente de trabalho	<i>In loco</i>	Adequado	5	0
			Inadequado	0	
	Compactação dos resíduos	<i>In loco</i>	Adequado	5	0
			Inadequado	0	
	Recobrimento dos resíduos	<i>In loco</i>	Adequado	5	0
			Inadequado	0	
Taludes e bermas	Dimensões e inclinações	<i>In loco</i>	Adequado	4	0
			Inadequado	0	
	Cobertura de terra	<i>In loco</i>	Adequado	4	0
			Inadequado	0	
	Proteção vegetal	<i>In loco</i>	Adequado	3	0
			Inadequado	0	
	Afloramento de chorume	<i>In loco</i>	Não/raros	4	0
			Sim/numerosos	0	
Superfície superior	Nivelamento superficial	<i>In loco</i>	Adequado	5	0
			Inadequado	0	
	Homogeneidade da cobertura	<i>In loco</i>	Sim	5	0
			Não	0	
Estrutura de proteção ambiental	Impermeabilização do solo	<i>In loco</i>	Sim/adequada (n. Preencher item 15)	10	0
			Não/adequada (n. Preencher item 15)	0	
	15. prof. lençol freático (p) × permeabilidade do solo (k)	<i>In loco</i>	$P > 3 \text{ m}, k < 10^{-6} \text{ cm/s}$	4	0
			$1 \leq P < 3 \text{ m}, k < 10^{-6} \text{ cm/s}$	2	
	Drenagem de chorume	<i>In loco</i>	Sim / suficiente	4	0
			Não / insuficiente	0	
	Tratamento de chorume	<i>In loco</i>	Sim / adequado	4	0
			Não / inadequado	0	
	Drenagem provisória de águas pluviais	<i>In loco</i>	Suficiente / desnecessário	3	0
			Não / insuficiente	0	
	Drenagem definitiva de águas pluviais	<i>In loco</i>	Suficiente / desnecessário	4	0
			Não / insuficiente	0	
	Drenagem de gases	<i>In loco</i>	Suficiente / desnecessário	4	0
			Não / insuficiente	0	
	Monitoramento de águas subterrâneas	<i>In loco</i>	Adequado	4	0
			Inadequado /insuficiente	1	0
			Inexistente	0	0

Fonte: adaptado de CETESB 2020.

Tabela 7 - Aplicação do IQAR proposto pela CETESB para o vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, referente a caracterização dos aspectos estruturais do vazadouro a céu aberto.

(conclusão)

Item	Subitem (CETESB 2020)	Fonte dos dados	Avaliação	Peso	Pontos
Estrutura de proteção ambiental	Monitoramento geotécnico	In loco	Adequado / desnecessário.	4	0
			Inadequado /insuficiente	1	0
			Inexistente	0	0
Subtotal 1				86	0

Fonte: adaptado de CETESB 2020.

Os dados obtidos indicaram que as estruturas de apoio são inexistentes no vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA e configuram em um potencial risco de acidentes, invasão e utilização da área para fins de disposição de RS de forma ilegal e irregular. Segundo a NBR 13.896 (ABNT, 1997), o isolamento físico caracteriza-se por cerca que circunde completamente a área em operação, construída de forma a impedir o acesso de pessoas estranhas e animais, condições inexistentes no vazadouro, objeto desta pesquisa.

O acesso à frente de descargas do vazadouro está em condições insatisfatórias e não possui pavimentação, permitindo assim, que o tráfego de veículos no local ocorra com danos frequente e prejuízos econômicos pelo desgaste das máquinas operantes.

Em relação ao subitem compactação e recobrimento dos RS, verificou-se que os procedimentos não são satisfatórios, pois os RS e rejeitos são recobertos por outros resíduos após serem queimados. Além disso, o maquinário utilizado para a atividade não é suficiente para espalhar e compactar os RS presentes na frente de trabalho. Os taludes existentes na área de pesquisa não possuíam uma padronização estabelecida, sendo construídos com dimensões e inclinações diferenciadas, motivo pelo qual foram encontrados desmoronamentos na área.

Durante as visitas técnicas, verificou-se que o nivelamento e a homogeneidade da cobertura de superfície das camadas de RS e rejeitos também se encontravam em condições não satisfatórias, pois foram verificados uma assimetria das áreas de disposição final de RS que apresentam alturas distintas em várias localidades, sem estrutura/suporte técnico que evitem problemas como desmoronamento.

Em relação à impermeabilização do solo, é inexistente, deixando os recursos naturais expostos a contaminação a partir de elementos tóxicos comuns em vazadouros. Neste contexto, a NBR 13.896 (BRASIL, 1997) esclarece que a impermeabilização do solo pode ser realizada

de duas formas: com camadas de materiais artificiais ou naturais, que impeçam ou reduzam substancialmente a infiltração no solo dos líquidos percolados.

A partir de visita *in loco*, verificou-se o afloramento de chorume na área, principalmente na época de chuva. Isso se deve ao fato de o sistema de drenagem das águas pluviais ser inexistente pois não há dreno para tal finalidade nem tecnologia para o tratamento do chorume, ficando exposto por tempo indeterminado no local.

No referido vazadouro, não existe mecanismo de drenagem do gás bioquímico, formados pela mistura de gases produzidos pela ação biológica na matéria orgânica em condições anaeróbias, dessa forma, são expostos diretamente na atmosfera e comprometem a estadia de quem frequenta o local.

Referente ao monitoramento geotécnico, representado por um sistema composto por: inspeção visual (indícios de erosão, trincas e fissuras na camada de cobertura ou qualquer outro sinal do movimento da massa de resíduos); deslocamentos verticais e horizontais (marcos superficiais e inclinômetro) e medidas de pressões de gases e líquidos no interior do maciço (piezômetros) (BRASIL, 2009), é inexistente na área do vazadouro, gerando riscos aos catadores, frequentadores do local e para toda operação.

5.3.2 Caracterização dos aspectos operacionais do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

Os dados obtidos indicaram a presença de catadores atuando de forma autônoma e realizando a queima de RSU sem critérios técnicos, a ocorrência de animais em escala macro (urubus, garças, cachorros) e micro (artrópodes); e, a ocorrência de odor desagradável advindo dos resíduos orgânicos na área de pesquisa. Ademais, foi possível verificar a presença irregular e ilegal de RS não autorizados, bem como resíduos industriais. As estruturas e procedimentos adotados para conter essas irregularidades são inexistentes e associados a ausência de delimitação, cercamento e vigilância da área (Tabela 8).

Tabela 8 - Aplicação do IQAR proposto pela CETESB para o vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, referente a caracterização dos aspectos operacionais do vazadouro a céu aberto.

(continua)

Item	Subitem (CETESB 2020)	Fonte dos dados	Avaliação	Peso	Pontos
Outras informação	Presença de catadores	<i>In loco</i>	Não	2	0
			Sim	0	
	Queima de resíduos	<i>In loco</i>	Não	2	0
			Sim	0	

Fonte: adaptado de CETESB 2020.

Tabela 8 - Aplicação do IQAR proposto pela CETESB para o vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, referente a caracterização dos aspectos operacionais do vazadouro a céu aberto.

(conclusão)

Item	Subitem (CETESB 2020)	Fonte dos dados	Avaliação	Peso	Pontos
Outras informações	Ocorrência de moscas e odores	In loco	Não	2	0
			Sim	0	
	Presença de aves e animais	In loco	Não	2	0
			Sim	0	
	Recebimento de resíduos não autorizados	In loco	Não	2	0
			Sim	0	
	Recebimento de resíduos industriais	In loco	Sim (preencher item 29)	X	0
			Não (ir para o item 30)		
	29. Estruturas e procedimentos	In loco	Suficiente / adequado	10	0
			Insuficiente/inadequado	0	
Subtotal 1				10	0
Subtotal 2				20	0

Fonte: adaptado de CETESB 2020.

Resultados semelhantes foram obtidos por Andrade *et al.* (2013) e Santos *et al.* (2012) nos aterros sanitários de Palmas-TO e Anápolis-GO, respectivamente, demonstrando a predominância das mesmas espécies de animais na área de disposição final de RSU, por encontrarem na área, condições de sobrevivência associada a ausência de confinamento e tratamento correto e seguro dos RS.

A presença de resíduos não autorizados como os de serviço de saúde (RSS) também é comum na área do vazadouro, mesmo sendo de responsabilidade dos geradores a disposição final (BRASIL, 2004). Sendo assim, nota-se que o sistema de gestão e gerenciamento dos RSS interno de alguns estabelecimentos, apresentam falhas, que são perceptíveis pela presença constante de: curativos, seringas, medicamentos vencidos e resíduos perfuro cortantes), juntos aos RS comuns, que são coletados pelo serviço público municipal.

A situação torna-se mais complexas pela ausência de treinamento e capacitação eficientes para os motoristas e servidores públicos quanto a coleta de RSU, que não é monitorada e nem segue critérios de locais para coleta desses materiais. Sendo assim, as irregularidades ocorrem tanto por parte dos geradores que armazenam os resíduos perigosos junto com os RS comuns, quanto por parte dos servidores públicos que coletam os resíduos sem restrição e encaminham ao vazadouro.

Situação semelhante foi identificada por Galvão (2009) e Souza *et al.* (2019) em Capanema-PA, onde os resíduos médico-hospitalares também eram coletados pelo serviço público municipal, demonstrando a fragilidade e ineficiência da fiscalização ambiental em um

município próximo a Castanhal-PA e negligência de estabelecimentos comerciais nestes municípios.

Os resíduos industriais identificados no vazadouro são os Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Este tipo de disposição é inadequado e ilegal, haja vista que a responsabilidade da gestão e gerenciamento desses resíduos é de quem os gera (BRASIL, 2010). O principal problema atrelado a isto está na complexidade desses materiais referente as características e volumes, frente aos avanços nas atividades de construção civil.

Altschul *et al.* (2020) indicaram que nas cidades brasileiras o RCD representa de 41% a 70% da massa total dos RSU. Para Cabral *et al.* (2009), os RCD constituem importante parcela dos RSU, correspondendo em torno de 50%. Silva e Fernandes (2012), complementam que em alguns municípios do Brasil, representa 60% do montante de RSU, o que necessita de atenção especial para evitar as irregularidades frente a destinação/disposição final desses resíduos em Castanhal-PA, haja vista que são volumosos e podem ser um fator limitante na vida útil de sistemas de disposição final de RSU.

A construção civil é um dos setores da economia que mais contribui para a degradação ambiental (ABARCA-GUERRERO *et al.*, 2017; MAGALHÃES *et al.*, 2017; DING *et al.*, 2018). Inerente à gestão do RCD, a maior proporção produzida ainda é direcionada para aterros sem qualquer outro tratamento ou tentativa de reaproveitamento no próprio canteiro de obras (BOVEA, POWELL, 2016; HOSSAIN *et al.*, 2017). Em Castanhal-PA, esta situação é similar, entretanto, faz-se necessário uma investigação precisa para quantificação desta variável.

Neste contexto, algumas alternativas mostram-se viáveis para mitigação deste entrave. Segundo Mália *et al.* (2011), um dos maiores casos de gestão de RCD é a Dinamarca que tem índice de aproveitamento dos RCD de 90%, associados a dois fatores: impostos elevados sobre os RCD que não são reciclados e a obrigatoriedade da segregação na fonte. Esta estratégia, se aplicada com eficiência a sistemas de controle, e, pode tornar-se uma solução para se devidamente aplicada em Castanhal-PA.

Outra alternativa para esta problemática é a criação de ecopontos estrategicamente localizados no perímetro urbano de Castanhal-PA, onde a população pode destinar pequenos volumes de RCD e serem cobradas taxas administrativas para grandes geradores desses resíduos.

Para minimizar os problemas relacionados às irregularidades de empresas licenciadas para recolhimento dos RCD, a fiscalização ainda se apresenta como alternativa mais eficiente, e, pode ser intensificada pelo incentivo à denúncias pela população e a boas práticas administrativas em empreendimentos geradores de RS.

5.3.3 Caracterização dos aspectos locais do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA.

Considerando o terceiro macro conjunto, foram avaliados quatro subitens que caracterizam os aspectos do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA. Verifica-se na Tabela 9, que os itens proximidade a núcleos habitacionais e corpos de água, atendem ao indicado pela CETESB (2020).

Porém, mesmo com distância superior a 500 metros da comunidade mais próxima do vazadouro, alguns danos socioambientais e econômicos são perceptíveis na agrovila do Boa Vista, como: odor desagradável, fumaça constante, desvalorização das áreas do entorno do vazadouro e marginalização da área. Em relação à proximidade de corpos d'água, a situação é semelhante, e mesmo com a distância superior à de 200 metros, os impactos na extensão dos corpos hídricos na comunidade Boa Vista, são frequentes.

Tabela 9 - Aplicação do IQAR proposto pela CETESB para o vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA, referente a caracterização dos aspectos locais do vazadouro a céu aberto.

Referente à caracterização dos aspectos locais do vazadouro a céu aberto.					
Item	Subitem (CETESB 2020)	Fonte dos dados	Avaliação	Peso	Pontos
Características da área	30. Proximidade de núcleos habitacionais	In loco	≥ 500 m	2	2
			≤ 500 m	0	
	Proximidade de corpos de água	In loco	≥ 200 m	2	2
			≤ 200 m	0	
	Vida útil da área	In loco	≤ 2 anos		-
			$2 < x \leq 5$ anos		
			> 5 anos	X	
	Restrições legais ao uso do solo	In loco	Sim		-
			Não	X	
Subtotal 3				4	4

Fonte: adaptado de CETESB 2020.

De modo geral, percebe-se que por mais que o vazadouro esteja distante de cursos d'água e núcleos populacionais, a possibilidade de influência é extremamente grande e deve ser considerada dentro do contexto atual e da escolha de possíveis áreas para implantação de um novo sistema de disposição dos RSU, sendo consideradas as colocações da comunidade do entorno, pontos de monitoramento da qualidade da água e solo, condições bióticas e abióticas.

Além disso, há uma carência de dados quanto a vida útil e qualidade do vazadouro de Castanhal-PA, tanto pela SEMMA, quanto pela SEMOB. Quanto as restrições legais ao uso do solo, relato dos catadores e residentes do entorno da área indicaram que várias empresas privadas dispõe os RS na localidade de forma ilegal, inclusive sobre conhecimento do setor público.

5.3.4 Determinação do índice de qualidade de resíduos (IQAR)

Após o preenchimento do formulário (Quadro 8, 9 e 10) foi possível calcular o IQAR da área de pesquisa, onde, obteve-se o valor de 0,4 ponto (péssimo). De acordo com a metodologia da CETESB (2020), com este valor do IQAR, tem-se que o vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA apresenta condições inadequadas de funcionamento, com base nos aspectos estruturais, operacionais e locacionais. Tais resultados são similares a diversas pesquisas realizadas no Brasil e expõe as deficiências pontuais e corriqueiras em diversos sistemas de disposição final de RSU.

Em Goiânia-GO o valor encontrado por Barros *et al.* (2020) foi de 2,8. Em Puxinanã-PB Pereira *et al.* (2017) verificaram que o IQAR era equivalente a 1,8 ponto. Guerra *et al.* (2010) identificou um IQAR de 4,46 ponto para o Município de Taquarituba-SP, da mesma forma, Silva *et al.* (2016) aplicaram esta metodologia para Riacho Frio-PI no qual obtiveram o valor de 1,84 ponto. Tais atribuições também foram atreladas às condições inadequadas de funcionamento e operacionais, entre outras irregularidades que atestam a insustentabilidade do local, comprometendo a gestão dos RSU.

Por outro lado, faz-se necessário uma avaliação técnica levando em consideração a atual área do vazadouro como um todo para estudo detalhado da área quanto as condições para disposição final dos RSU e de áreas alternativas. Nesta vertente, Melo Junior *et al.* (2020) realizaram uma pesquisa em Castanhal-PA e concluíram que a atual área do vazadouro a céu aberto do município apresenta declividades inferiores a 5° e, distância maior que 200 m em relação a drenagens e nascentes, o que enquadrou a área como opção para implantação de um sistema de disposição final de RSU.

Entretanto, Sodré *et al.* (2020) efetuaram uma pesquisa em Castanhal-PA e indicaram que o vazadouro está próximo a uma área de alagado, o que exige critérios precisos e estudos específicos de qualidade de água e solo, adicionalmente a isso, indicaram que não existe uma medida exata do tamanho ou profundidade das bacias de rejeitos e nem pesquisas sobre a influência do vazadouro nos igarapés da região, fato que influencia diretamente na escolha de uma área alternativa para disposição final do RSU.

5.4 ETAPA 4 - PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS/MINIMIZADORAS DOS DANOS SOCIOAMBIENTAIS.

Para minimizar os danos da problemática dos RSU de Castanhal-PA faz-se necessário de início o conhecimento das características dos resíduos produzidos no referido município. O

conhecimento destas características possibilita uma escolha mais apropriada na seleção de processos de tratamento e técnicas de disposição final a serem utilizadas.

A composição gravimétrica dos RS é outro fator de grande importância para a gestão e gerenciamento dos RSU. É necessário ainda, além dos aspectos qualitativos, o conhecimento da quantidade produzida por dia (ton/dia; m³/dia) e a produção per capita (ton/hab/dia). Além disso, a coleta seletiva em três frações (orgânico, seco e rejeito) é imprescindível, visando facilitar o gerenciamento do fluxo de orgânicos, possibilitando seu tratamento por meio de tecnologias menos onerosas ao poder público, como a compostagem, por exemplo.

Arelado a isto, o incentivo a regularização e licenciamento de empresas recicladoras municipais é fundamental para o ciclo da reciclagem, haja vista, que os dados obtidos indicaram que aproximadamente 74% das empresas deste ramo em Castanhal-PA não são devidamente licenciadas, o que implica na dificuldade tanto no recebimento quanto no encaminhamento dos RSU.

Para ampliar o processo de gestão e gerenciamento de RSU, Klein *et al*, (2018) realizaram uma pesquisa em 34 municípios do Estado de São Paulo e indicaram que a adoção de tecnologias de informação e comunicação (TIC) podem ampliar a efetividade das políticas públicas em torno da gestão dos RSU. Os autores indicaram que a maior parte dos municípios que não possuem dados e informações suficientes e adequados acerca da gestão dos RSU dentro de sua esfera de competência administrativa, apresentam pouca transparência nos programas e ações, e ausência de informações sobre custos e desempenho desses programas à municipalidade.

As TIC, em conjunto com o monitoramento e elaboração de indicadores, a ampliação do acesso à informação, a promoção de ações como a compostagem de resíduos orgânicos e a orientação sobre o adequado descarte de resíduos especiais, como resíduos da construção civil, resíduos de serviços de saúde e os vinculados à logística reversa obrigatória, representam apenas alguns dos muitos desafios que já deveriam ser parte da agenda dos governos locais, como um esforço de alcance à efetividade na implementação dessa política pública (KLEIN *et al.*, 2018).

5.4.1 Meio físico

Em face do valor encontrado do IQAR (0,4) que caracterizou o vazadouro a céu aberto como inadequado, em caráter de urgência, deve-se implantar um sistema adequado de disposição final dos RSU com: licenciamento da atividade, delimitação da área, o cercamento

físico com telas, o, a fiscalização e manutenção periódica do local e das vias de acesso, evitando assim a presença de (animais, como foi observado) e de pessoas não autorizadas no local.

Além deste sistema de proteção é necessária a existência de estruturas que controlem e protejam o sistema, compreendendo: cercas, portaria, balança, instalação de apoio, almoxarifado, pátio para estocagem de material, galpões para abrigo de veículos, acesso externo e interno e iluminação. Esse sistema pode ser potencializado com a utilização de vegetação como barreira natural, que podem diminuir a propagação de poeira e ruídos provocados pela movimentação de máquinas, e, maus odores provocados pelos gases.

Sendo assim, é imprescindível a impermeabilização de base do sistema com geomembrana de polietileno de alta densidade, sobre a manta deve ser feita uma camada de segurança de solo para evitar o rompimento da geomembrana pelos maquinários. Além disso, deve possuir sistemas de monitoramento de águas superficiais a partir de análise periódica dos igarapés, e subterrâneas por meio de poços semiartesiano a montante e jusante, no sentido do fluxo do lençol freático, e, sistema de drenagem por meio de canaletas de concreto e tratamento do lixiviado.

O projeto para alternativa de recuperação ambiental do vazadouro deve seguir a legislação ambiental e as Normas Técnicas da ABNT relativas aos critérios para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, como a NBR 13.896 (BRASIL, 1997) e a NBR 8.419 (BRASIL, 1992).

Esse sistema de disposição final dos RSU deve fornecer o tratamento do chorume, drenagem de gases, impermeabilização da base do aterro, sistema de vigilância, controle do recebimento e peso das cargas, drenagem das águas pluviais, sistema de iluminação do local, implementação de placas sinalizadoras, manutenção do sistema viário e da frota de veículos.

O controle do recebimento de cargas é importante para ter o controle do volume de material que chega à área e para realizar as pesagens dos resíduos. Sendo assim, pode-se efetuar o armazenamento dos dados em planilhas para que sejam computados e assim diminuir o risco de perda dos dados, que são de suma importância para o controle e gerenciamento do RSU.

Ademais, deve-se implantar uma estrutura de proteção ambiental, como sistema de impermeabilização de base e laterais; sistema de coleta e drenagem de líquidos percolados; sistema de coleta e tratamentos dos gases; sistema de drenagem superficial; sistema de tratamento de líquidos percolados e sistema geral de monitoramento.

5.4.2 Meio biótico e abiótico (solo)

Dentre as técnicas para mitigar os danos gerados ao solo, indica-se a fitorremediação, que consiste na utilização de plantas com finalidade e por meio de sua matéria microbiana, de degradar e imobilizar os agentes poluentes presentes no solo. Conforme Tavares (2009) e Vassão (2019) este método se fundamenta na fitoextração, a partir das raízes das plantas, que armazenam e destinam os contaminantes para as partes aéreas da planta, onde se acumulam.

Os micro-organismos presentes nas raízes e ao redor das plantas se beneficiam da rizosfera que é um lugar ideal para a propagação dos micróbios, dispondo de alimentos para estes indivíduos (ROCHA, 2016). Entretanto, é imprescindível a correlação ideal entre solo, planta e o poluente, devido as características distintas que cada situação pode dispor para remoção ou imobilização do agente poluidor (COUTINHO *et al.*, 2015).

Algumas espécies são citadas por e Souza (2017), Lima (2018) e Dutra (2019) como: Algarobeira (*Prosopis juliflora* (Sw) DC.); Charuto-do-rei (*Nicotiana glauca* Graham); Taboa (*Typha domingensis* Pers.); Imburana, Imburana-de-cambão e umburana (*Commiphora leptophlocos*); Barriguda, Paineira-branca, Árvore-da-seda, Árvore-da-lã, Tronco bojudo (*Chorisia Glaziovii*); Ipê-roxo, Pau-D'arco-Roxo, Ipê-Roxo-de-Bola, Ipê-Una, Ipê Preto, Pau-Cachorro (*Tabebuia Impetiginosa*) e Alecrim-da-chapada (*Lippia gracilis*).

Ademais, Preussler (2014) afirma que este processo utiliza a potencialidade da relação existente entre o solo e a planta para desintoxicar uma região, cometendo o ato de degradar e neutralizar agentes tóxicos presentes, visando a filtragem dos elementos percolados. Sendo assim, indica-se pesquisas mais aprofundadas sobre a caracterização e qualificação do solo e dos poluentes do vazadouro de Castanhal-PA, para identificação das espécies vegetais (nativas ou exóticas) mais eficientes no processo de fitorremediação.

5.4.3 Meio biótico e abiótico (água)

Para garantia da qualidade das águas da chuva e consequentemente dos recursos hídricos, indica-se que seja efetuado a coleta e tratamento dos lixiviados visando a minimização do potencial poluidor do chorume. Arelado a isto, indica-se o monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, por meio de análises físico-químicas e microbiologias, considerando poços de monitoramento a montante e jusante do lençol freático e dos recursos hídricos superficiais do entorno.

Além disso, faz-se necessário a drenagem superficial das águas pluviais a montante do aterro e sobre ele, reduzindo a infiltração de água no maciço e o potencial de ocorrência de erosão. Trata-se de um sistema de drenagem e retenção das águas das chuvas para evitar que elas infiltrem sobre os depósitos de RSU e/ou que se instalem e evoluam processos erosivos.

Outra técnica proposta para identificação da contaminação é a geofísica. Aplicando essa técnica, Sousa *et al.* (2019) avaliaram o vazadouro a céu aberto do município de Tracuateua-PA, onde o Radar de Penetração no Solo (GPR) caracterizou a subsuperfície e detectou a presença de uma pluma de contaminação que atingia um possível lençol freático do local localizado a uma profundidade aproximada de 5 m.

No aterro da cidade de Bauru - SP, Lago *et al.* (2006) caracterizaram o ambiente integrando métodos geofísicos (resistividade, polarização induzida e potencial espontâneo) e identificaram anomalias no lençol freático, indicando a presença de contaminação advindas da migração do percolado. Esses resultados foram confirmados pela análise química de amostras de água obtidas dos poços de monitoramento, dessa forma, torna-se uma técnica eficiente para aplicação em Castanhal-PA.

Pires e Oliva (2020) realizaram uma pesquisa no vazadouro a céu aberto no município de Bragança-PA para aquisição de dados geofísicos com a utilização do equipamento GPR da marca GSSI SIR-3000 (Geophysical Survey Systems, Inc.). Os resultados obtidos com o GPR permitiram caracterizar a subsuperfície do vazadouro a partir da identificação de possíveis zonas de contaminação provavelmente provenientes do chorume gerado pelos RS depositados. Dessa forma, tornando-se outra técnica passível de aplicação em Castanhal-PA.

5.4.4 Meio biótico e abiótico (ar)

Em relação ao odor desagradável e ruídos, sugere-se a criação de um cinturão verde como barreira natural para amenização da intensidade sonora e odor, através do plantio de mudas de espécies arbóreas. Segundo a NBR 13.986 (ABNT, 1997), a presença de vegetação é recomendada sobretudo para minimizar o transporte de odores pela ação do vento e de aspectos visuais em relação à vizinhança.

Arelado a isto, a implantação de uma usina de compostagem reduziria o quantitativo de resíduos orgânicos dispostos e consequentemente a intensidade do odor advindo dos materiais em decomposição. Entretanto, a eficiência deste processo está condicionada a segregação dos resíduos na fonte de origem.

Quanto a queima a céu aberto dos RSU, é necessário o monitoramento constante das áreas úteis e do entorno do local de disposição final dos RSU. A queima a céu aberto visa a redução dos resíduos que não são comercializados, entretanto, colocam em risco os próprios catadores, servidores públicos, compradores de materiais recicláveis e outros que frequentam o local.

5.4.5 Meio biótico e abiótico (fauna e flora)

As medidas técnicas e economicamente viáveis para os danos relacionados ao meio florístico e faunístico está inerente ao plantio de espécies vegetais nativas ou exóticas, especialmente as frutíferas que possam promover a atração de animais para o local, pois se trata de uma área predominantemente rural, sendo assim, a dispersão de sementes facilitará a recolonização do entorno.

Um estudo realizado na cidade de Inconfidentes - MG por Pinto *et al.* (2010) sobre a seleção de espécies para recuperação de áreas de um vazadouro a céu aberto conclui que de 12 espécies pesquisadas, as que mais se adaptaram as condições desses locais foram: *Vetiveria zizanioides* (Vetiver-Gramínea), *Erythrina falcata* (Moxoco), *Schinus terebinthifolius* (Aroeira vermelha), *Bauhinia forficata* (Pata de vaca), *Lithraea molleoides* (Aroeira brava) e *Erythrina speciosa* (Mulungo).

O município de Castanhal-PA, especificamente a SEMMA, pode, de forma estratégica, promover os projetos na área do vazadouro por meio da composição dos processos de licenciamento ambiental ou autorização de supressão vegetal para empreendimentos. Tal estratégia se concentra no ato da compensação ambiental, a partir do plantio de mudas de espécies estrategicamente selecionadas para áreas degradadas ou alteradas como o vazadouro a céu aberto e margens de igarapés, reforçando a mata ciliar. Até então, este processo não é direcionado e deixa os empreendedores decidirem como e onde vão efetuar a compensação a partir dos impactos gerados.

5.4.6 Meio biótico e abiótico (antrópico)

Para mitigação ou minimização dos entraves no meio antrópico, faz-se necessário de início, a implantação de uma cooperativa para atender Castanhal-PA dentro do sistema de disposição final de RSU e inserir os catadores como trabalhadores devidamente registrado pela

gestão pública municipal, de forma que possam exercer atividade remunerada e com suporte do poder público.

Além disso, é imprescindível a disponibilidade de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para os catadores, além de treinamento e capacitação para a atividade de triagem dos materiais, incentivo a boas práticas de trabalho, cadastro dos catadores e acompanhamento periódico de agente de saúde no local para evitar ou minimizar a incidência de patologias.

5.4.7 Condições operacionais

Para que as condições operacionais sejam satisfatórias é necessário a implantação de um sistema adequado de disposição final dos RSU, com monitoramento das vias de acesso para evitar a entrada de animais domésticos e pessoas não autorizadas; e, disponibilizar ou restringir a entrada no local à condição de utilização dos EPIs. Além disso, é fundamental o treinamento do pessoal em operação para capacitação técnica no manuseio dos resíduos perigosos e resíduos industriais.

Deve haver a determinação de critérios técnicos para estimar a vida útil do sistema adotado, assim como a delimitação da área. Tais fatores são fundamentais no desempenho do sistema e podem ser efetuadas pela contratação de profissional capacitado. Além disso, é necessário o monitoramento e implantação de um sistema para atendimento emergencial contra incêndio.

De forma geral, a gestão de RSU em Castanhal-PA é um desafio para as autoridades municipais, principalmente devido a crescente geração de RS. Um sistema eficaz se baseia em soluções tecnológicas, vínculos ambientais, socioculturais, jurídicos, institucionais e econômicos que devem estar presentes para permitir que o sistema como um todo funcione (GUERRERO *et al.*, 2013).

Pesquisa feita por Guerrero *et al.* (2013) em mais de trinta áreas urbanas, em 22 países em desenvolvimento em 4 continentes (África, Ásia, América Central e América do Sul) com a finalidade de avaliar as partes interessadas e os fatores que influenciam o desempenho da gestão de resíduos nas cidades, concluiu-se que o apoio financeiro do governo central, o interesse dos líderes municipais nos resíduos questões de gestão, a participação dos usuários do serviço e a administração adequada dos fundos é essencial para um sistema sustentável modernizado e esses fatores devem ser aplicado em Castanhal-PA, além de criar um ciclo fechado de reciclagem a partir da inserção dos sucateiros e recicladores neste processo.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos indicaram que o índice de qualidade de aterro de resíduos (IQAR) do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA foi insatisfatório (0,4), adquirido a partir da aplicação de um *checklist* e definição dos indicadores. Sendo assim, foi possível identificar os potenciais danos socioambientais decorrentes da disposição inadequada dos RSU no município.

O vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA apresenta irregularidade em quase todos os subitens analisados, exceto para proximidade de núcleos habitacionais e de corpos de água, entretanto, foi constatado danos diretos e indiretos a estes dois itens, de tal forma que, as irregularidades que atestam a insustentabilidade do local, comprometem a gestão dos RSU, a qualidade do solo, água e ar e do meio antrópico, especificamente a comunidade do Boa Vista.

A aplicação do IGD também denotou gravidade para os indicadores do meio físico, biótico, abiótico e condições operacionais. O valor geral do IGD (-0,44) demonstra as precárias condições de todos os indicadores avaliados com danos que variaram entre -0,33 (condições operacionais) a -0,63 (fauna).

Como tentativa de solucionar esta problemática é imprescindível a implementação do PGRS, e que o mesmo seja colocado em prática, inclusive contemplando o que deve ser feito com a área utilizada como vazadouro atual. A responsabilização entre as esferas governamentais e a população, com a promoção de diálogos que promovam a participação ativa e democrática para projetos específicos referente aos RSU, também se configura ação imprescindível neste processo.

Nessa perspectiva, o gerenciamento dos RS passa, indiscutivelmente, pela sensibilização da população em relação aos padrões de consumo, da importância da reutilização de diversos materiais, segregação na origem e da prática da coleta seletiva. A educação ambiental deve estar presente e em consonância com as políticas públicas de redução e destinação dos RSU.

A introdução das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) fomentam o surgimento de novas práticas socioeducativas, sendo uma alternativa potencializadora para a educação ambiental da comunidade castanhalense atrelada a políticas públicas específicas. Tais políticas públicas devem abordar: elaboração/revisão do PGRS e do Plano Municipal de Saneamento Básico, gerenciamento de RSU, Plano de Educação Ambiental e participação social, plano de minimização de RSU e coleta seletiva, plano de inserção de catadores de materiais recicláveis e implantação do centro de gestão integrada de RS.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABARCA-GUERRERO, L. *et al.* Barriers and motivations for construction waste reduction practices in Costa Rica. **Resources**, v. 6, n. 4, p. 69, 2017.

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

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14040**: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009a.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7229** - Projeto, construção e operação de sistemas de Tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992. **NBR 8.419**. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, RJ, 1992.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997. **NBR 13.896**. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, RJ, 1997.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001**. Sistemas da gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso ABNT: Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2008-2020). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo. ABRELPE. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS - ABETRE. Elaboração do estudo "Panorama das estimativas de geração de resíduos industriais". São Paulo: ABETRE / FGV, 2020.

ABREU, C. D.; HENKES, J. A. Uma análise sobre o tratamento de resíduos sólidos urbanos: Proposta de sistema alternativo, transformando resíduos sólidos em carvão e energia. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p.1015-1042, jan/mar. 2019.

ALBERTIN, R. M. *et al.* Avaliação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Cianorte, Paraná. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 2, p. 53-61, jul./dez. 2011.

ALKMIN, D. V.; RIBEIRO JUNIOR, L. U. Identificação dos impactos ambientais oriundos da implantação do lixão do município de Maria da Fé, Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 13., 2016. Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: GSC. 8 p, 2016.

ALTSCHUL, J. S. *et al.* Resíduo da construção e demolição-tecnologias e problemas: um estudo de caso. **Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula**, v. 3, n. 1, p. 13-31, 2020.

ALVES, R. C. *et al.* Gerenciamento Municipal de Resíduos Sólidos no Amazonas, Brasil. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 9, n. 12, p. 1-22. Dez, 2020.

ALVES T. L. B. *et al.* Lixão de Campina Grande-PB versus aterro sanitário de Puxinanã: transferência de problema socioambiental. **Revista Polêmica**. Rio de Janeiro. v. 12, n. 3, p. 460-468, jun-out, 2013.

AMÂNCIO-VIEIRA, S. L. *et al.* Educação Financeira e Decisões de Consumo, Investimento e Poupança: Uma Análise dos Alunos de Uma Universidade Pública do Norte do Paraná. **Revista de Administração da UNIMEP**. v.9, n.3, Set/Dez, 2011.

ANDRADE, T.C.C. *et al.* Aplicação de uma ferramenta de gestão ambiental de qualidade de aterros de resíduos sólidos urbanos. **Revista de Ciências Ambientais**. Canoas – RS. v. 7, n. 2, p. 45-56. Jul, 2013.

ARAÚJO, A. F. Principais Considerações Sobre o Estudo de Impacto Ambiental. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p.1-18, maio, 2011.

ARAÚJO, T. B. **Avaliação de Impactos Ambientais em um Lixão Inativo no Município de Itaporanga - PB**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

ASSIS, C.M. **Avaliação da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos em municípios da região metropolitana de Belo Horizonte**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

AZEVEDO, P. B. *et al.* Diagnóstico da degradação ambiental na área do lixão de Pombal – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal, v. 10, n.1, p. 20 - 34, jan/mar. 2015.

AZIZ, S. Q. *et al.* Leachate characterization in semiaerobic and anaerobic sanitary landfills: a comparative study, **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 12, pp. 2608-2614, 2010.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Ed. UFSC, 2010.

BARBOSA, R. M. *et al.* O chorume dos depósitos de lixo: composição, evolução, diluição, extensão, processos, poluição e atenuação. **Tecbahia**, Salvador, ano 14, n. 1, p. 212-224, 2000.

BARROS, R. G.; DIAS, P. P.; ARAÚJO, V. K. A. Investigação de passivo ambiental na área do aterro sanitário de Hidrolândia, GO. **REGET/UFSM**. Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 73-82, set/dez. 2015.

BARROS, R. G. *et al.* Determinação do índice da qualidade do aterro de resíduos do município de Goiânia/GO. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 155-166, abr. 2020. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2020.003.0014>.

BESSA, S. A. L. *et al.* Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos de construção e demolição gerados em Belo Horizonte/MG. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, p. 1-16, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180099>.

BESSEN, G.R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo (2011).

BLANCO, L. C. M. *et al.* Socioeconomia do processo de reciclagem de resíduos sólidos urbanos na cidade de Belém, Pará, Brasil. **Espacios**, Caracas. v. 38, n. 29, p. 29-35, 2017.

BOGNER, J. *et al.* Mitigation of global greenhouse gas emissions from waste: conclusions and strategies from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report. Working Group III (Mitigation). **Waste Management Research**, v. 26, n. 1, p. 11-32, 2008.

BONG, C. P. C *et al.* A review on the global warming potential of cleaner composting and mitigation strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 146, n. 1, p. 149-157. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.066>.

BORN, V. **Avaliação da aptidão de Áreas para Instalação de Aterro Sanitário com uso de ferramentas de apoio à decisão por múltiplos critérios**. 2013. 103f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Univales, Lageado-RS, 2013.

BOVEA, M. D.; POWELL, J. C. Developments in life cycle assessment applied to evaluate the environmental performance of construction and demolition wastes. **Waste Management**, v. 50, p. 151-172, 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001 Acesso em: 13/08/2021.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

_____. Decreto nº 7.217 de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Brasília-DF, 2010.

_____. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 6 maio 2021.

_____. **Lei nº 11.445, de Janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF.

_____. Leis e Decretos. **Lei Federal n. 12.305, de 02 de maio de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, 2012.

_____. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. 244 p.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 306, de 7 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Brasília, 2004.

BRESSANE, A. *et al.* Seleção de alternativas de projeto através de um índice global de impactos ambientais. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 37, n. 1, p. 155 - 166, 2018.

BRESSANE, A. *et al.* Construção de um índice global de impacto para análise ambiental comparativa aplicada à adequação de empreendimentos irregulares. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 111-122, nov. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016140136>.

BRINGHENTI, J.R. **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

BRITO, F. S. L. *et al.* Impactos socioambientais provocados por um vazadouro a céu aberto: uma análise no distrito de marudá/pa. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Sergipe, v. 10, n. 5, p. 128-139, out. 2019. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2019.005.0012>.

CAIXETA, D. M. **Geração de Energia Elétrica a Partir da Incineração de Lixo Urbano: O Caso de Campo Grande/MS**. Tese de Especialização. Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, DF, Brasil, 2005.

CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F.. Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Campus, 2013.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 171-180, abr./jun. 2012.

CÂNDIDO, J. B. *et al.* Diagnóstico ambiental e análise temporal dos impactos ambientais causados por um depósito de resíduos sólidos no município de cariri do Tocantins – TO. **Nucleus**. Ituverava, v. 14, n.1, p. 125-140, abr. 2017.

CARDOSO FILHO, G. T. **Avaliação da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos na cidade de Parintins/AM: desafios e oportunidades à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS**. Dissertação de Conclusão de Curso (Mestre) – Programa de Pós Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia – PPG/Casa da UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS (UFAM). Parintins-AM, 2014.

CARDOSO, E. L. *et al.* Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos no município de Belém, Pará, Brasil: vantagens e desafios da sua implementação. **Sistemas & Gestão**, Niteroi-RJ, v. 15, n. 2, p. 93-102, 25 ago. 2020. <http://dx.doi.org/10.20985/1980-5160.2020.v15n2.1612>.

CARDOZO, M. C.; MOREIRA, R. M. Potential health risks of waste pickers. **O Mundo da Saúde**, v. 39, n. 3, p. 370-376, 2015.

CARVALHO, D. N. *et al.* Critérios usados na definição de áreas de influências, impactos e programas ambientais em estudos de impacto ambiental de usinas hidrelétricas brasileiras. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 37, n. 3, p. 639-653, 2018.

CARVALHO, D. N. *et al.* Análise dos procedimentos metodológicos utilizados na Determinação de graus de significância em estudos de Impacto ambiental de dutovias. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 35, n. 1, p.126-133, 2016.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. Fundação de Apoio a Pesquisa – FUNAPE/UFG, 2006. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap3/index.php>. Acesso em: 11 jan. 2021.

CASTANHAL, PREFEITURA MUNICIPAL. Sobre Castanhal. 2018. Disponível em: <<http://www.castanhal.pa.gov.br/institucional/#SobreCastanhal>> Acesso em: 06 set 2021.

CASTANHAL. Núcleo Gestor do Plano Diretor Participativo do Município de Castanhal. Plano Diretor de Castanhal 2007 – 2016. Castanhal: PM, 2006.

CASTANHAL. Prefeitura de Castanhal. Disponível em <http://www.castanhal.pa.gov.br/prefeitos-assinam-o-estatuto-do-consorcio-intermunicipal-de-residuos-solidos/>. Acesso em 30 set. 2021.

CASTRO, M. A. O. *et al.* Desenvolvendo indicadores para a gestão sustentável de resíduos sólidos nos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, Amazonas, Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 20, n. 3, p. 415-426, set. 2015.

CAVALCANTE, S.; FRANCO, M. F. A. Profissão perigo: percepção de risco à saúde entre os catadores do Lixão do Jangurussu. **Rev. Mal-Estar Subj.** Fortaleza-CE, v. 7, n. 1 – p. 211-231 mar. 2007.

CEMPRE. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 4 ed. São Paulo: CEMPRE, 2018.

CEMPRE, Compromisso Empresarial para a Reciclagem (organização). Informações Gerais. CEMPRE, 2020. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>>.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos**. São Paulo, 2002-2019.

CHIERRITO-ARRUDA, E. *et al.* Comportamento pró-ambiental e reciclagem: revisão de literatura e apontamentos para as políticas públicas. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo. v. 21, n. 1, p.01-18, jan-dez. 2019.

COELHO, A. P. F. *et al.* Mulheres catadoras de materiais recicláveis: condições de vida, trabalho e saúde. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 37, n. 3, set. 2016.

CONCEIÇÃO, M. M. M., *et al.* Qualidade ambiental do vazadouro a céu aberto de Castanhal-PA. **Brazilian Journal Of Development**. Curitiba, v. 6, n. 3, p. 12760-12775, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n3-223.

COSTA, L. E. B. *et al.* Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e perfil socioeconômico no município de Salinas, Minas Gerais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju - SE, v. 3, n. 2, p. 73-90, fev. 2013. doi. <http://dx.doi.org/10.6008/ess2179-6858.2012.002.0005>.

COSTA, T. G. A. *et al.* Impactos ambientais de lixo a céu aberto no Município de Cristalândia, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, João Pessoa – PB, v. 3, n. 4, p. 79, 2016.

COUTINHO, P. *et al.* Alternativas de remediação e descontaminação de solos: biorremediação e fitorremediação. **Nucleus (Online)**, Ituverava, v.12, n.1, p. 59-68, 2015.

CUNHA, T. J.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. Matéria Orgânica do Solo. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (Org.). **Recurso solo**: Propriedades e usos. São Carlos: Cubo, 2015.

CUNHA, C. E. S. C. P. *et al.* O uso de indicadores de desempenho na avaliação da qualidade operacional dos aterros sanitários do estado do Rio de Janeiro no triênio 2013–2015. **Eng Sanit Ambient**, Rio de Janeiro. v.25 n.2. p. 345-360, mar/abr 2020.

DANTAS, E.R.B. **Análise do processor de implementação e operação do aterro sanitário no município de Puxinanã-PB utilizando o sistema de indicador de sustentabilidade pressãoestado-impacto-resposta (P-E-I-R)**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

DANTAS, K.M.C. **Proposição e avaliação de sistemas de gestão ambiental integrada de resíduos sólidos através de indicadores em municípios do Estado do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

DEUS, A.B.S. *et al.* Índice de impacto dos resíduos sólidos urbanos na saúde pública (IIRSP): metodologia e aplicação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 329-334. 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522004000400010>.

DIAS, D. M. *et al.* Modelo para estimativa de dados da geração de partículas sólidas domiciliares em centros urbanos a partir de variáveis socioeconômicas conjunturais. **Eng Sanit Ambiente**, v. 17, n. 3, pag.325-332, 2012.

DIAS, G. F. **Atividades interdisciplinares de educação ambiental**. 2 ed. São Paulo: Global LTDA., 2015.

DING, Z. *et al.* A system dynamics-based environmental benefit assessment model of construction waste reduction management at the design and construction stages. **Journal of Cleaner Production**, v. 176, p. 676-692, 2018.

DOHERTY, J. Why Is This Trash Can Yelling at Me? Big Bellies and Clean Green Gentrification. **Anthropology Now**, v. 10, n. 1, p. 93-101, jan. 2018. <http://dx.doi.org/10.1080/19428200.2018.1437983>.

DOMINICI, M. C. M. a importância da articulação intersetorial na administração pública. **Companhia de Planejamento do Distrito Federal–Codeplan**, n. 31, 2017.

DU, M., *et al.* Quantification of methane emissions from municipal solid waste landfills in China during the past decade. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.L.], v. 78, p. 272-279, out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.082>.

DUTRA, A. S. F. **Potencial fitorremediador da algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC) e percepção quanto aos riscos toxicológicos associados a rejeitos de mineração no semiárido brasileiro**. 2019. 105f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/27251/1/Potencialfitorremediadoralgaroba_Dutra_2019.pdf. Acesso em: 17 nov. 2021.

ELIS, V. R.; ZUQUETE, L.V. Caracterização geofísica de áreas utilizadas para disposição de resíduos sólidos urbanos. **Brazilian Journal of Geosciences**, v. 32, n. 1, p. 119-134. 2002.

EMBRAPA. MAPA DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE CASTANHAL - PARÁ. 1999. mapa. Escala 1:100.000.

_____. Grupo Barreiras: Características, Gênese e Evidências de Neotectonismo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Rio de Janeiro-Rj: 2011. 30 p.

_____. **Areia Quartzosa / Neossolo Quartzarênico**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_2_10112005101955.html. Acesso em: 19 jan. 2021.

_____. **Latossolos Amarelos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r58asu5l.html. Acesso em: 11 jan. 2021.

_____. **Neossolo Quartzarênicos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqarta66.html. Acesso em: 20 jan. 2021.

_____. **Glei Pouco Húmico / Gleissolo Háptico**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_95_10112005101956.html. Acesso em: 11 jan. 2021.

ENCINAS, O. C; TEIXEIRA, W. G; LIMA, W. A. A. pH e Condutividade da Solução do Solo em Dendzais e Floresta Primária da Amazônia Brasileira. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO, 20; CONGRESSO PERUANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 16, 2014, Cusco. **Anais [...]**. Perú: [SPCS], 2014.

FARIA, F.S. **Índice de qualidade de aterros de resíduos urbanos**. 355f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

FARINACCIO, A; TESSLER, M. G. Avaliação de Impactos Ambientais no Meio Físico decorrentes de Obras de Engenharia Costeira - Uma Proposta Metodológica. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. v. 10, n.4. p. 419-434. dez, 2010.

FERRAZ, J.L. **Modelo para avaliação da gestão municipal integrada de resíduos sólidos urbanos**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Mecânica Universidade Estadual de Campinas, 2008.

FERREIRA, E. M. *et al.* Disposição final dos resíduos sólidos urbanos: diagnóstico da gestão do município de Santo Antônio de Goiás. **REMOA/UFSM**. Santa Maria, v. 14, n. 3, p. 3401-3411, mai/ago. 2014.

FERREIRA, R. G. P. S. *et al.* Condições de saúde e estilo de vida dos catadores de resíduos sólidos de uma cooperativa da Ceilândia, no Distrito Federal: um olhar acerca dos determinantes sociais e ambientais de saúde. In: PEREIRA, C. J.; GOES, F. L. (orgs.). **Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016.

FERRON, M. M. **Intoxicação ambiental por chumbo em crianças de uma vila de Porto Alegre e avaliação ambiental preliminar das possíveis fontes de contaminação**. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FIGUEIREDO, L. M. **Análise da Salubridade do Meio Urbano com Base na Utilização de Índices Ambientais: Aplicação na Bacia de Drenagem XII da Cidade Do Natal - RN**. 2011. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2011.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte**. Rio de Janeiro: Interciência: 2004.

FONSECA, A.; SÁNCHEZ, L. E.; RIBEIRO, J. C. J. Reforming EIA systems: a critical review of proposals in brazil. **Environmental Impact Assessment Review**, Elsevier, v. 62, p. 90-97, jan. 2017.. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2016.10.002>.

FRANKENBERG, C. L. C. Resíduos sólidos: geração, gestão e responsabilidades. **Revista textual**, v. 1, n.13, p 4-9. 2011.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Orientações Básicas para a Operação de Aterro Sanitário**. Belo Horizonte: FEAM, 2006. Disponível em: Acesso 21 Ago. 2021.

GALON, T.; MARZIALE, M. H. P. Condições de trabalho e saúde de catadores de materiais recicláveis na América Latina: uma revisão de escopo. In: PEREIRA, C. J.; GOES, F. L. (orgs.). **Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016.

GALLEGO-ÁLVAREZ, I.; VICENTE-VILLARDÓN, J. L. Analysis of environmental indicators in international companies by applying the logistic biplot. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 23, p.250-261, dez. 2012.

GALVÃO, B. V. Avaliação do serviço de limpeza urbana do município de Capanema/PA para a implantação de um complexo para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos. In: Anais do 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** Recife, ABES, 2009.

GARCIA, D. C.; CANDIANI, G. Diagnóstico dos inventários de fauna em estudos de impacto ambiental de aterro sanitário. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 45, p. 100-114, set. 2017. <http://dx.doi.org/10.5327/z2176-947820170236>.

GARCIA, L. O. *et al.* Identification of influencing municipal characteristics regarding household waste generation and their forecasting ability in Biscay. *Waste Management*, v 39, p 26–34, 2015.

GARCÍA-GUAITA, F., *et al.* Integrating urban metabolism, material flow analysis and life cycle assessment in the environmental evaluation of santiago de Compostela. **Sustainable Cities and Society**, Amsterdã, v. 40, p. 569-580, 2018.

GEBLER, L; LONGHI, A. Aplicação da matriz de Leopold para avaliação expedita de impacto ambiental na produção de morangos: um estudo de caso em ipê (RS). **Ambiência**, Guarapuava-PR, v. 14, n. 3, p. 709-727, 2018. <http://dx.doi.org/10.5935/ambiencia.2018.02.19>.

GEORGE, L. H; GOMES, É. R. Diagnóstico ambiental do lixão do município de Pedro II – Piauí como ferramenta para a gestão de resíduos. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, v, 2, n. 2, p. 74 – 86 , Jan/Jun, 2021.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GODECKE, M. V; WALERKO, W. S. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo do Caso da Reciclagem em Pelotas, RS. **REGET/UFSM**. Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 359–373, maio/ago. 2015.

GOLDEMBERG J.; LUCONO. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Universidade de São Paulo; p.129. 2008.

GOMES, M. F.; PINTO, W. D. S. A função socioambiental da propriedade e o desenvolvimento sustentável. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 14, n. 2, p. 236-250. 2015.

GOMES, N. A. *et al.* Diagnóstico ambiental qualitativo no “lixão” da cidade de Pombal, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 61, mai. 2017. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v12i1.4560>.

GOMES. P. N. *et al.* Levantamento dos impactos socioambientais na área do lixão a céu aberto no Município de Corrente, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 6, n. 13, p. 469-480, 2019. <http://dx.doi.org/10.21438/rbgas.061315>.

GONTIJO, R. N. *et al.* Avaliação de impacto ambiental (aia) do aterro sanitário do Município de Conceição do Araguaia-PA através do método da Matriz de Leopold. In: IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 13. **Anais**. Salvador/BA, 2013. p.1- 12.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, jun. 2012.

GUERRA, A. F. *et al.* Proposta de melhoria de aterro de resíduos sólidos urbanos para um pequeno município. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 191-203, abr./jun. 2010, p. 191-203.

GUERRERO, L. A. *et al.* Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste Management**, v. 33, n. 1, p. 220-232, jan. 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>.

GUTBERLET, J. *et al.* Pesquisa-ação em educação ambiental e saúde dos catadores: estudo de caso realizado com integrantes de cooperativas de coleta seletiva e reciclagem na região metropolitana de São Paulo. In: PEREIRA, C. J.; GOES, F. L. (orgs.). **Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016.

GUIMARÃES, C. P. **Aplicação de indicadores da qualidade ambiental em um aterro sanitário no norte de Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de Física. Programa de PósGraduação em Física Ambiental. Cuiabá, MT 2009.

HAMADA, P. **Formulação de um índice de qualidade de gestão de resíduos sólidos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2011. 111 f.

HENRIQUE, J.; BEZERRA, J. Sistema de gerenciamento integrado de resíduo sólido urbano do campus da cidade universitária “Zeferino Vaz”. Sínteses: **Revista Eletrônica do SIMTEC**, Campinas, v. 1, n. 3, p. 279-280, 2016.

HIDROWEB. **Agência Nacional de Águas (ANA) - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)**. Disponível em: Acesso em: 20 out. 2021.

HOSSAIN, M. U. *et al.* Comparative environmental evaluation of construction waste management through different waste sorting systems in Hong Kong. **Waste Management**, v. 69, p. 325-335, 2017.

IDEFLOR-BIO. Criação de UC Municipal em Castanhal-PA. **Relatório de Infraestrutura e Saneamento Básico**. Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará, 2017.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). (2015) Norma Operacional (NOP) 031/2015. Rio de Janeiro: Instituto Estadual do Ambiente.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION – ISWA. (2016). Roteiro para encerramento de lixões, de disponível em: <http://abrelpe.org.br/pdfs/publicacoes/roteiro-para-encerramento-de-lixoes.pdf>, acesso em: 16/09/2021.

ITO, M. H.; COLOMBO, R. Resíduos volumosos no município de São Paulo: gerenciamento e valorização. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 11, n. 1, p.1-15, jan-dez. 2019.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 25, n 75, p. 135-158, jan/abr. 2011.

JARDIM, N. S. *et al.* Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento integrado. São Paulo: IPT : CEMPRE, 2015.

JOSIMOVIC, B. *et al.* The Use of the Leopold Matrix in Carrying Out the EIA for Wind Farms in Serbia. **Energy and Environment Research**, Richmond Hill, v. 4, n. 1, p. 1-12. Dez. 2014.

JUWANA, I.; MUTTIL, N.; PERERA, B. J. C. Indicator-based water sustainability: a review. *Science of the total environment*, v. 438, p. 357-371, 2012.

KAZA, S. *et al.* What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. Washington: World Bank. (2018) <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>.

KLEIN, F. B. *et al.* Gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: uma análise sobre o uso de TIC no acesso à informação governamental. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 10, n. 1, p.140-153, abr. 2018.

KORF, E. P *et al.* Retenção de Metais em Solo da Antiga Área de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos de Passo Fundo – RS. **REVISTA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**, Canoas, v.2, n.2, p. 43 - 60, 2008.

LAGO, A. L. *et al.* Aplicação integrada de métodos geofísicos em uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru-SP. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 24, n. 3, p. 357-374, 2006.

LANZA, V. C. V. *et al.* Caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos. Fundação Estadual do Meio Ambiente; Fundação. Israel Pinheiro. Belo Horizonte: FEAM, 2010.

LEÃO, A. M. **Seleção de Áreas aptas para implantação de aterro sanitário no município de Mocajuba – PA, através de Geoprocessamento – SIG**. 2018. f. 13. Pré-Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2018.

LI J. *et al.* Removal of refractory organics in nanofiltration concentrates of municipal solid waste leachate treatment plants by combined Fenton oxidative-coagulation with photo – Fenton processes. **Chemosphere**, v. 146, p. 442-449, mar. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.12.069>.

LIMA, A. P. C. **Potencial fitorremediador de espécies vegetais em áreas de mineração do semiárido Pernambucano**. 2018. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/30448/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Anderson%20Pontes%20Chaves%20de%20Lima.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.

LIMA, F. C. *et al.* Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidosurbanos: estudo de caso de São Vicente do Seridó-PB. In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2011, LondrinaPR. 2011. 5 p.

LIMA, G. V. B. A. *et al.* Análise quali-quantitativa da sustentabilidade de Castanhal (PA) de acordo com seu plano diretor participativo (2007-2016). **Revista Geonorte**, v. 10, n. 36, p. 52-76, dez. 2019. <http://dx.doi.org/10.21170/geonorte.2019.v.10.n.36.a52.76>.

LIMA, P. G. *et al.* Avaliação de um aterro sanitário por meio do Índice de qualidade de resíduos sólidos. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã-SP, v. 11, n. 1, p 88-106, mar. 2017.

LIMA, R.M.S.R. **Implantação de um programa de coleta seletiva porta a porta com a inclusão de catadores**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

LIMA, T. S.; BARROS, J. D. S. Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos através do Sistema de Indicadores de Sustentabilidade Pressão-Estado-Impacto-Reposta (PEIR) no Município de Cachoeira dos Índios, Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa, v. 6, n. 14, p.749-765, dez. 2019.

LIRA, J. B. M. **Gestão de Resíduos Sólidos**. IFPE: D-EaD; 2009.

LISBÔA, E. G. *et al.* Políticas públicas e saneamento básico na gestão municipal de Belém, Ananindeua e Castanhal-PA: aplicação de um modelo de correlação no período entre 2010 a 2018. **Brazilian Journal Of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 44724-44742, jul. 2020.

LOUREIRO, S.M. (2005) Índice de Qualidade no sistema da Gestão ambiental em aterros de resíduos sólidos urbanos – IQS. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

LOVATO, P. A.; SILVA, C. A. Diagnóstico dos resíduos sólidos domiciliares no município de Rolândia-PR. **Revista de Ciências Ambientais**. Canoas, v. 8, n. 2, p. 37-45, semestral, 2014.

LU, D.; BATISTELLA, M.; LI, G. ; MORAN, E.; HETRICK, S.; FREITAS, C. C.; DUTRA, L. V.; SANT ANNA, S. J. S. Land use/cover classification in the Brazilian Amazon using satellite images. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1185-1208, 2012.

LUIZ, G. L. M.; ROSENDO, J. S. Identificação dos impactos ambientais decorrentes dos resíduos sólidos produzidos na área urbana do município de Capinópolis-MG. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research médium**. Uberlândia. v.3, n. 1, p. 182 – 200, jul/.set, 2012.

MAGALHÃES, R. F. *et al.* Reducing construction waste: A study of urban infrastructure projects. **Waste management**, v. 67, p. 265-277, 2017.

MANDELLI, M. C. C. **Condições de Trabalho e Morbidade Referida para Distúrbios Osteomusculares em Catadores de Materiais Recicláveis**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Preventiva). Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

MANDELLI, M. *et al.* Catando e Reciclando Saúde: Relatos do 1º. Encontro Universidade – Movimento Nacional de Catadores de Recicláveis. **Cadernos Gestão Social**, v. 4, p. 285 - 295, 2013.

MARINHO, R. C.; OLIVEIRA, R. M. S. Avaliação da qualidade do aterro sanitário de Palmas – TO, utilizando a ferramenta índice da qualidade de aterros de resíduos – IQA. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Tupã - SP, v. 01, n. 02, pp. 123-141, jan. 2013.

MARTINS, M. F.; CANDIDO, G. A. Índices de desenvolvimento sustentável para localidades: uma proposta metodológica de construção e análise. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v.6, n.1, p.03-19, 2012.

MEDEIROS, M. C. Panorama dos problemas ocasionados pela destinação inadequada dos resíduos sólidos do município de Paulista-PB, Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO – CONIDIS, 1., 2016. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: REALIZE – eventos científicos e editora. 9 p, 2016.

MELO-JUNIOR, H. R. *et al.* Seleção adequada de área para a Instalação do aterro sanitário do Consórcio intermunicipal para gestão Integrada dos resíduos sólidos – CONCISSS. Castanhal-PA, 2020.

MEMON, M. A. Integrated solid waste management based on the 3R approach. *Journal Of Material Cycles And Waste Management*, v. 12, n. 1, p. 30-40, abr. 2010.

MENDEZ, G. P.; MAHLER, C. F. Evolution of integrated solid waste management systems in brazilian cities under the national solid waste policy. **Ciência e Natura**, v. 40, p. 1-11, 27 mar. 2018.

MENDONÇA, D. S. M. *et al.* Efeitos e danos ambientais da disposição de resíduos sólidos na área do lixão e aterro controlado no município de Inhumas-GO. **Caderno de Geografia**. Belo Horizonte, v. 27, n. 50, p. 486-499, jul/set. 2017.

MENEZES, G. O. de. **Aplicação do Índice de Salubridade Ambiental em comunidades carentes e sua comparação com comunidades padrão: instrumento para planos de gestão municipal**. 2007. 203 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2007.

MENEZES, L. A. *et al.* Diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Castanhal - Pará, Amazônia. **Brazilian Journal Of Development**. Curitiba, v. 1, n. 1, p. 244-252, jul./set. 2018.

MERSONI, C; REICHERT, G. A. Comparação de cenários de tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida: o caso do município de Garibaldi, RS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 863-875, out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017150351>.

MICHALAKE, A. E. *et al.* Análise dos parâmetros físico-químicos do esgoto tratado de Curitiba (PR) – Estação Belém. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 1560-1570, set./dez. 2016.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Manual do Licenciamento Ambiental. Brasília: MMA, 2004.

PEGIRS. MINISTÉRIO PÚBLICO DO PARÁ. Relatório de Síntese: Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado do Pará (PEGIRS). Belém, v. 1, p. 102, 2014.

MONTEIRO, A. E. **Índice de Qualidade de Aterros Industriais – IQRI**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MOURA, L. R. *et al.* Um olhar sobre a saúde do catador de material reciclável: Uma proposta de quadro analítico. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo. v. 21, n. 1, p.1-20, jan-dez. 2018.

MUNYAI, O.; NUNU, W. N. Efeitos na saúde associados à proximidade de pontos de coleta de lixo no município de Beitbridge, Zimbábue. **Wast Management**. v. 105, n. 1 p. 501-510. Mar. 2020.

NASCIMENTO, D. L. G. **Viabilidade Técnica e Econômica da Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Castanhal – PA**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará. 2020. 180 f.

NERES, N. G. C. *et al.* Avaliação ambiental e indicação de medidas mitigadoras para a nascente do córrego Mutuca, Gurupi-TO. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v.11, n. 21, p. 2824-3834, set. 2015.

NEVES, F. O.; MENDONÇA, F. Por uma leitura geográfico-cultural dos resíduos sólidos: reflexões para o debate na Geografia. Cuadernos de Geografía: **Revista Colombiana de Geografía**, v. 25, p. 153-169, 2016.

OGATA, I. S. **Desenvolvimento do índice de pobreza hídrica para a bacia hidrográfica do Rio Paraíba**. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

OLLER, I. *et al.* Combination of advanced oxidation processes and biological treatments for waste watered contamination: a review, **Science of the total environment**, v. 409, n. 20, pp. 4141-4166, 2011.

OLIVEIRA, A. L. *et al.* Análise qualitativa dos impactos ambientais no meio abiótico em um depósito de resíduos sólidos. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia, v.11, n. 22, p. 184-199, dez. 2015.

OLIVEIRA, J. Â. M. *et al.* Diagnóstico do vazadouro a céu aberto no município de Januária – MG, por meio de dois métodos de avaliação de impacto ambiental. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 7, n. 1, p. 363, fev. 2018. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e12018363-374>.

OLIVEIRA, F.C; MOURA, H.J.T. Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. **Pretexto**, v. 10, p. 79-98, 2009.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia científica**: manual para a realização de pesquisas em Administração. Goiás: Catalão, 2011.

OLIVEIRA, T. B.; GALVÃO JUNIOR, A. C. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 55-64, mar. 2016.

PARÁ. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. **Estatística Municipal – Castanhal**. Belém: Pará, 2012.

PARÁ, Secretaria de Estado de Integração Regional: Atlas de Integração Regional do Estado do Pará, Belém, 2010.

PEREIRA, *et al.* Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 471-483, jun. 2018.

PEREIRA, E. R.*et al.* Representações sociais dos catadores de um aterro sanitário: o convívio com o lixo. **Psicologia: teoria e prática**, v. 14, n. 3, p. 34-47, 2012.

PEREIRA, S. S. *et al.* Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 471-483, jun. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018162872>.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C. Aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos sólidos urbanos no Aterro Sanitário de Puxinanã/PB. **Sustentabilidade em Debate**, v. 8, n. 1, p. 108-124, abr. 2017. <http://dx.doi.org/10.18472/sustdeb.v8n1.2017.21163>.

PETROBRAS. Estudo de impacto ambiental: atividade de produção e escoamento de óleo e gás do campo de jubarte, bacia de campos. CEPEMAR - Serviços de Consultoria em Meio Ambiente Ltda. Vitória, ES, 2004.

PINTO, L. V. A. *et al.* Seleção de espécies para recuperação de áreas de lixão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, I, 2010, Bauru **Anais...** Bauru: 2010. p. 1-5

PIRES, D. M. B; OLIVA, P. C. Avaliação da contaminação da subsuperfície de um lixão a céu aberto no município de Bragança (Pará, Brasil). **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 213-226, jan. 2020.

PISANI JR, R. *et al.* Influence of population, income and electricity consumption on per capita municipal solid waste generation in São Paulo State, Brazil. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v 20, p 1216- 1227, 2017.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v.14, n.3, p. 411-420, jul/set. 2009.

PORTO, M. F. S. *et al.* Lixo, trabalho e saúde: um estudo de caso com catadores em um aterro metropolitano no Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 6, p. 1503-1514, nov./dez., 2004.

POSSAMAI, F.P. *et al.* Lixões inativos na região carbonífera de Santa Catarina: análise dos riscos à saúde pública e ao meio ambiente. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 171-179. 2007.

PREUSSLER, Karla Heloise. **Avaliação de um sistema de wetlands no tratamento de lixo de aterro**. 2014. 119 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/pt/documents2/doutorado/2014-1/2554-karla-heloise-preussler> doutorado. Acesso em: 8 out. 2021.

QUADROS, C. S. S. *et al.* Estudo sobre trabalho infantil em Castanhal. Prefeitura Municipal de Castanhal: 2017. Disponível em: Acesso em: 31 jul. 2021.

RAGHAB, S. M. *et al.* Treatment of leachate from municipal solid waste landfill. Cairo, Egito: Housing and Building National Research Center, 2013. p.187-192

REICHERT, G.A. (2007) Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários Apostila da disciplina de Gerenciamento de Resíduos de Sólidos II. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul.

RESENDE, L.A. *et al.*, 2015. Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas em diferentes modelos de plantio na recuperação de área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 147-157, fev. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000100014>.

RESENDE, L.A., 2013. *et al.* Fertilidade do solo em aterro controlado e sua influência na sobrevivência de espécies arbóreas em diferentes modelos de plantio. In: Jornada Científica e Tecnológica, 5. 2013. Inconfidentes. **Anais... Inconfidentes: Ifsuldeminas**. p 287-298.

RIBEIRO, B. M. G.; MENDES, C. A. B. Avaliação de parâmetros na estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 7, n. 3, p. 422, ago. 2018. <http://dx.doi.org/10.3895/rbpd.v7n3.8652>.

RIBEIRO, W. O. *et al.* Entre a Segregação e o Desenvolvimento: o Parque dos Buritis no Contexto do Programa “Minha Casa, Minha Vida” em Castanhal, Pará. **Boletim Amazônico de Geografia**. Belém, v. 02, n. 03, p. 58-79. jan./jun. 2015. Disponível em: < <http://ppgeoufpa.net/boletim/index.php/boletim/article/view/29> > Acesso 19 Ago. 2021.

RIBEIRO, W. O. **Interações espaciais na rede urbana do Nordeste do Pará: particularidades regionais e diferenças de Bragança, Capanema e Castanhal**. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) –Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), Campus de Presidente Prudente.

RICARDO, D. L; OROZCO, M. M. D. Caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares do município de Rolim de Moura - Rondônia - Brasil. **Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo y Práctica**, v. 11, n. 3, p. 362, dez. 2018.

ROBINS, C. **Bases patológicas das doenças**. Rio de Janeiro: Elsevier. p.447- 53, 2008.

ROCHA, L. A. *et al.* Indicador de salubridade ambiental para Campina Grande, PB: adaptações, desenvolvimentos e aplicações. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 315-326, abr. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019166209>.

ROCHA, L. S. M. **Fitorremediação de solo contaminado com Diclosulam utilizando Mucuna Aterrima, Crotalaria Juncea, Crotalaria Spectabilis**. Orientador: Prof. Me. Alisson José Eufrásio de Carvalho. 2016. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - NSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS, São João Evangelista - MG, 2016. Disponível em: https://www.sje.ifmg.edu.br/portal/images/artigos/biblioteca/TCCs/Agronomia/2016/LANNA_SHANYELLE_MOREIRA_ROCHA.pdf. Acesso em: 5 out. 2021.

RODRIGUES, B. M.; OSCO, L. P.; ANTUNES, P. A.; RAMOS, A.P. M. Avaliação da influência do uso e cobertura da terra na qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho (SP). **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 12, n. 3, p. 738-753, 2019. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.3.p738-753>.

ROMANO, A. G.; MOLINOS-SENANTE, M. Fatores que afetam a ecoeficiência dos serviços de resíduos municipais nos municípios da Toscana: uma investigação empírica de diferentes modelos de gestão. **Wast Management**. V. 105, n. 1, p. 384-394. Mar. 2020.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 8, 2010.

ROSA, F. S.; DIAZ-BECERRA, O. A.; LUNKES, R. J. Saneamento básico: Análise da relação entre gastos públicos e atendimento à população em cidades brasileiras e peruanas. **Revista Científica General José María Córdova**, v.14, n.18, p.195-213, 2016.

SALES, M. L. S. *et al.* Aspectos e impactos ambientais perceptíveis dos resíduos sólidos: um estudo de caso no lixão de Assú (RN). **Revista Íbero-Americana de Ciências Ambientais**. Aquidabã, v. 5, n. 1, p. 265-283, dez/mai. 2014.

SALLES, M.P.M. (2003) Diagnóstico e avaliação por indicadores e índices dos serviços de limpeza urbana no estado de mato Grosso do Sul. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Campo Grande.

SAMADDER, S. R. *et al.* Analysis of the contaminants released from municipal solid waste landfill site: a case study, **Science of The Total Environment**, v. 580, pp. 593-601, 2016.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto de ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

SANTIAGO, L.S.; DIAS, S.M.F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 203-212, 2012.

SANTOS, G. O.; SILVA, L. F. F. Os significados do lixo para garis e catadores de Fortaleza (CE, Brasil). **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 8, p. 3413-3419, 2011.

SANTOS, A. L. F. *et al.* Índice de qualidade de aterro de resíduos (IQR), como subsídio para avaliar o sistema de disposição final do município de Anápolis-GO. **Scientia Plena**, v. 8, n. 10, p. 1-20, 2012.

SANTOS, H. G. dos *et al.* Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 2006.

SANTOS, R. F. Planejamento ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de textos. 2004.

SANTOS, G. O; MATOS, M. V. B. Cobertura vegetal sobre célula de aterro sanitário encerrada há vinte anos no Ceará. **Conex. Ci. e Tecnol.** Fortaleza/CE, v.11, n. 6, p. 54 - 64, dez. 2017.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: **A Review. Conservation Biology**, New York, v. 5, n. 1, p. 18-32, 1991. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1991.tb00384.x>

SEGURA, A. M., *et al.* Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos. **Revista Espacios**. Venezuela, v. 41, n. 17, p.1-22. Abr, 2020.

SICHE, R. *et al.* Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**. Campinas. V. 10, n. 2, p. 137-148, jun/dez, 2007.

SILVA, A. S. Análise do efeito de componentes tóxicos em resíduos sólidos urbanos, Tese de D.Sc, UFCG, Campina Grande, PB, Brasil, 2016.

SILVA, C. L. *et al.* Proposta de um modelo de avaliação das ações do poder público municipal perante as políticas de gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil: um estudo aplicado ao município de Curitiba. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 9, n. 2, p.276-292, mar. 2017.

SILVA, F. J. *et al.* Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Castanhal - PA. In: 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 13. **Anais**. Bento Gonçalves – RS, 2014. p.1- 7.

SILVA, F. M. Análise da implantação da política nacional de resíduos Sólidos no município de Marituba/PA. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 45-65, out/dez. 2018.

SILVA, M. V. S. **Identificação e seleção de áreas potenciais à implantação de Aterro sanitário no município de Castanhal-PS, através do uso de sistema de informações geográficas**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

SILVA, R. P. G. *et al.* Aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos (IQR) Em área de disposição de resíduos sólidos urbanos do município de Riacho Frio – PI. **Cadernos Cajuína**, v. 3, n. 1, p.36 - 43. 2016.

SILVA, S. A. F. *et al.* Caracterização de impactos ambientais causados por um Vazadouro na cidade de Mogeiro - PB. In: Encontro nacional de ciência, educação e tecnologia, **Anais I ENECT / UEPB**. Campina Grande: Realize Editora, 2012. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/1738>>. Acesso em: 10/10/2021.

SILVA, T. A. C. *et al.* Avaliação da qualidade de solo de área de lixão desativado: uma revisão de Literatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.13, n.02, p.630-640. 2020.

SILVA, V. A.; FERNANDES, A. L. T. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG. **Soc. & Nat.** Uberlândia. v. 24 n. 2, p.333-344, mai/ago. 2012.

SILVEIRA, R.C.E. **Gestão consorciada de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte: uma contribuição para a sustentabilidade nas relações socioambientais**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

SIQUEIRA, M. S.; *et al.* Interações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010 – 2014. **Epidemiologia e Serviços Saúde**, v. 26, n. 4, p. 795-806, 2017.

SOARES, L. M. **Características químicas do solo e avaliação socioambiental em área de influência do lixão de Castanhal – PA**. 2019. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2019.

SOARES, R. P. Caracterização Geoquímica dos Solos Lateríticos da Área do Sítio de Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos de Londrina, PR. 2006. Dissertação (Mestrado em Resíduos Sólidos) – Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

SOBRAL, I. S. *et al.* Avaliação dos impactos ambientais no Parque Nacional Serra de Itabaiana-SE. **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 24, p. 102-110, 2007.

SODRÉ, G. R. C. *et al.* Avaliação sustentável para instalação de aterro sanitário em uma cidade da Amazônia oriental. **Nature And Conservation**, v. 13, n. 3, p. 112-121, mai. 2020.

SOUZA, F. P. *et al.* Estudo do gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde do setor privado do município de Capanema-PA. In: Anais do VIII Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia. **Anais...** Belém, UEPA, 2019. Disponível em: <https://paginas.uepa.br/pcambientais/simposio/anaisdosimposio.html>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SOUZA, G. F. **Avaliação ambiental nas cooperativas de materiais recicláveis**. Tese (Doutorado em Medicina Preventiva). Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SOUSA, M. L. O. *et al.* Environmental study of the dump of the Tracuateua city (Pará, Brazil) using Ground Penetrating Radar. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 13638-13649, set. 2019.

SOUZA, T. K. A. **Estudo de plantas nativas da caatinga submetidas a solos contaminados por metais pesados**. 2017. 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - CENTRO UNIVERSITÁRIO TABOSA DE ALMEIDA, ASCES-UNITA, Caruaru, 2017. Disponível em: <http://200-98-146-54.cloudouol.com.br/bitstream/123456789/1005/1/TCC19.06%20MARIANA.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2021.

SUTADIAN. A. D. *et al.* Using the Analytic Hierarchy Process to identify parameter weights for developing a water quality index. **Ecological Indicators**. V. 75, P. 220-233, Apr 2017.

TAVARES, S. R. L. **Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos**. Orientador: Cláudio Fernando Mahler. 2009. 371 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79270/1/Tese-Silvio-Completa.pdf>. Acesso em: 5 out. 2021.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* Manual de Métodos de Análise de Solo. 3. ed. **Embrapa Solos-Livro técnico (INFOTECA-E)**. 2017.

TENGRUI, L. *et al.* Characteristics of nitrogen removal from old landfill leachate by sequencing batch biofilm reactor, **American journal of applied sciences**, v. 4, n. 4, p. 211-214, 2007.

TURNER, I.M. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. **Journal of Applied Ecology**, Londres, v.33, n.2 p.200-209, 1996. <https://doi.org/10.2307/2404743>.

UGALDE, J.C. **Aplicação de indicadores de sustentabilidade para avaliar a gestão de resíduos sólidos urbanos em Porto Velho/RO**. 135f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Núcleo de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2010.

URBAN, Rodrigo Custódio. Índice de adequação do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos como ferramenta para o planejamento: aplicação no estado de São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 367-377, jun. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016140543>.

USGS. United States Geological Survey. Imagem OLI Landsat 8 órbita/ponto 222/62 de 02/07/2018. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 20 Jan. 2022.

VALENTE, M. A *et al.* Solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Castanhal, Estado do Pará. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, n. 119, set. 2001.

VASSÃO, C. B. **Potencial de gramíneas (poaceae) como fitorremediadoras em solo contaminado com herbicida**. Orientador: Prof^a. Dr^a. Ana Maria Conte. 2019. 45 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes-PR, 2019. Disponível em: <https://uenp.edu.br/dissertacao-agronomia/13474-catharina-bertollinivassao/file>. Acesso em: 6 out. 2021.

VIEIRA, J.E.G. **Modelo de avaliação de impactos socioambientais de programas de saneamento ambiental: avaliação da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos**. 360f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

ZAMAN, A. U.; LEHMANN, S. The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a ‘zero waste city’. *Journal of Cleaner Production*, v 50, p 123-132, 2013.

ZAMORANO, M. *et al.* Environmental Diagnosis Methodology for Municipal Waste Landfills as a Tool for Planning and Decision Making Process. **Sustainable Development and Planning II**, v.1, p.545-554, 2005.

WORLD BANK. (2014). Results-Based Financing for Municipal Solid Waste. **World Bank**, Washington: D.C.

8 APÊNDICES

8.1 APÊNDICE A – CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CASTANHAL-PA.

O município de Castanhal-PA advém da criação da estrada de ferro Belém/Bragança, que trouxe desenvolvimento a região, juntamente com os colonizadores cearenses contratados pelo Governo Provincial para cultivo da terra. Assim, em 1899, foi criada a Vila de Castanhal, e em 1932, passou a ser oficialmente município (CASTANHAL, 2018).

Castanhal é um dos municípios mais importantes núcleos urbanos da Região Nordeste do Estado do Pará, pois a localização geográfica favorece um grande fluxo de pessoas em seu território, uma vez que a cidade é principal rota de entrada e saída de todo tipo de produto importando e exportando, via terrestre, que sai da capital Belém ou da região do Salgado, como é conhecido o litoral paraense. Considerada uma cidade de médio porte, Castanhal possui uma área de 1.029,300 km² (IBGE, 2020) e uma população, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estimado em 205.667 mil pessoas em 2021 (IBGE, 2021).

Em Castanhal, assim como outras cidades brasileiras do seu porte, há uma tendência de um aumento considerável no crescimento populacional, já que em 1991 a população local era de 102.071 mil habitantes, dez anos depois a população saltou para 134.496 mil e no ano de 2014 a estimativa da população foi de 186.895 mil habitantes, com estimativa que ultrapassa os 200 mil em 2021, isto é, em 30 anos a estimativa do crescimento da população de Castanhal foi de um aumento em 103.596 mil pessoas, um acréscimo de 101,49 % na população (RIBEIRO *et al.*, 2015; RIBEIRO, 2017; IBGE 2000-2020).

O município de Castanhal é um dos 145 municípios pertencentes ao Estado do Pará. Está a uma latitude 01°17'42" Sul e a uma longitude 47°55'00" de Longitude Oeste de Greenwich. Está a uma altitude de 41 metros e possui área de 1.029,191 km². A população estimada em 2020 foi de 200.793 habitantes (IBGE, 2020) e faz limite ao norte com os municípios de Vigia, Terra Alta e São Caetano de Odivelas; ao leste com São Francisco do Pará, Santa Maria do Pará e São Miguel do Guamá; ao sul com o município de Inhangapi; e a oeste com Santa Izabel do Pará e Santo Antônio do Tauá.

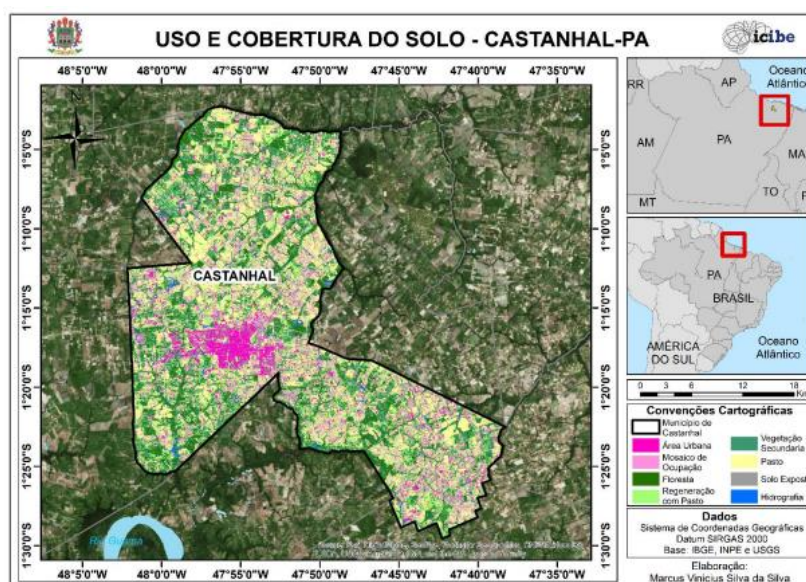
A sede Municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 01°17'42" de Latitude Sul e 47°55'00" de Longitude Oeste de Greenwich (IDESP, 2014). Segundo o IBGE (2017), Castanhal possui o 10º maior PIB - Produto Interno Bruto do Pará (considerando o ano do Censo 2010). Por meio da estatística, observou-se um aumento de cerca de 207% no PIB entre 2006 e 2016.

O território de Castanhal é cortado horizontalmente nas duas extremidades, pela Rodovia BR-316, ligando o município ao oeste com o Município de Santa Isabel do Pará e ao leste com o Município de Santa Maria. Num eixo vertical, encontra-se a Rodovia PA-136, que ao norte liga Castanhal ao Município de Terra Alta, e, no trecho urbano, recebe o nome de Av. Maximino Porpino da Silva; enquanto no sentido sul, a via PA-136 liga Castanhal ao Município de Inhangapi, recebendo o nome de Trav. Dr. Lauro Sodré. No eixo nordeste, está a Rodovia PA-320, que liga Castanhal ao Município de São Francisco do Pará, via que recebe o nome de Rua Pedro Porpino da Silva (CASTANHAL, 2006).

8.2 APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, GEOLOGIA E RELEVO, DECLIVIDADE, HIDROGRAFIA, CLIMA E FLORA NO MUNICÍPIO DE CASTANHAL-PA.

Para a determinação das classes de uso e ocupação do solo, Silva (2019) utilizaram a literatura do projeto TerraClass e o Manual de Classificação do Uso da Terra do IBGE. Desta forma foram selecionados 8 tipos de uso, os quais foram identificados na composição colorida RGB (falsa cor através da coleta de amostras). A partir disso, o resultado da classificação supervisionada foi exportado para o software ArcGIS 10.5 e posteriormente convertido para o formato *shapefile*. Desta forma foi elaborado o mapa de Uso e Cobertura do Solo do Município de Castanhal-PA (Figura B1.1).

Figura B1.1 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Município de Castanhal-PA.



Fonte: Silva (2019).

Para melhorar a interpretação e análise dos dados classificados, na Tabela B1.1 descreve-se o quantitativo de área de cada classe identificada, bem como a porcentagem desta, no município de Castanhal-PA.

Tabela B1.1- Quantitativo de Área e Porcentagem de cada classe.

Classe	Área (km ²)	Porcentagem %
Área Urbana	072,297	07,03 %
Floresta	134,581	13,08 %
Hidrografia	020,062	01,95 %
Mosaico de Ocupação	114,470	11,13 %
Pasto	270,900	26,33 %
Solo Exposto	087,905	08,54 %
Regeneração com Pasto	161,389	15,69 %
Vegetação Secundária	167,230	16,25 %

Fonte: Silva (2019).

Ao analisar o percentual das classes obtidas, observa-se que uma das de maior destaque é a de pasto e isto deve-se ao fato de o município ter em sua matriz econômica a Agropecuária, além disso, também é possível concluir que o índice de Floresta dentro do município é baixo, e que esta classe se concentra a margem dos cursos d'água.

Considerando-se apenas o primeiro e o segundo níveis hierárquicos para o enquadramento em classes de solo foram identificados três unidades de mapeamento predominantes: Latossolo Amarelo Álico, Petroplínticos Álicos ou Concrecionário Laterítico e Areias Quartzosas (EMBRAPA, 1999):

a) Latossolo Amarelo Álico: são solos minerais, não hidromórficos, de baixa fertilidade natural, profundos a muito profundos, bem a excessivamente drenados. O horizonte A, tem espessura variável de 5 a 60 cm com textura areia a areno siltosa. O horizonte B é do tipo latossólico, com espessura que ultrapassa os 100 cm, apresenta textura areia, areno-siltosa e argilo-arenosa, por vezes apresenta-se mosqueado deste horizonte, o que o denomina de latossolo amarelo álico plíntico. No geral são solos extremamente ácidos, com baixos valores para soma de bases trocáveis, saturação de bases muito baixas e saturação com alumínio superior a 50% definindo o seu caráter álico e esse tipo de solo é resultante da Formação Barreiras, formando um relevo plano.

b) Petroplínticos Álicos ou Concrecionário Laterítico: sua principal característica é a presença de petroplintitas (concreções) de diversas formas e tamanhos e em vários estágios de evolução. Esses solos são consequência do processo de laterização. São descritos como solos minerais não hidromórficos, profundos, bem drenados. O horizonte A possui espessura que varia de 23 a 37 cm de textura arenosa a argilo-arenosa. O horizonte B pode ser tanto do tipo

latossólico quanto textural, com espessuras que ultrapassam 125 cm, sua textura é argilo arenosa ou predominantemente argilo-arenosa. São extremamente ácidos, apresentando baixa fertilidade natural e saturação de alumínio superior a 50% o que marca o seu caráter álico.

c) Areias Quartzosas: são solos pouco desenvolvidos, originados quase sempre de sedimentos aluviais inconsolidados, associados as margens de rios e pequenos cursos d'água. Ocorrem geralmente em terrenos planos.

O solo da localidade é em sua maior parte originários dos sedimentos do terciário e quaternário e classificado como argissolo amarelo e argissolo vermelho-amarelo, e ocupando menores áreas estão solos classificados como neossolo flúvico, gleissolo háplico e espodossolo ferrocárbico (EMBRAPA, 1999).

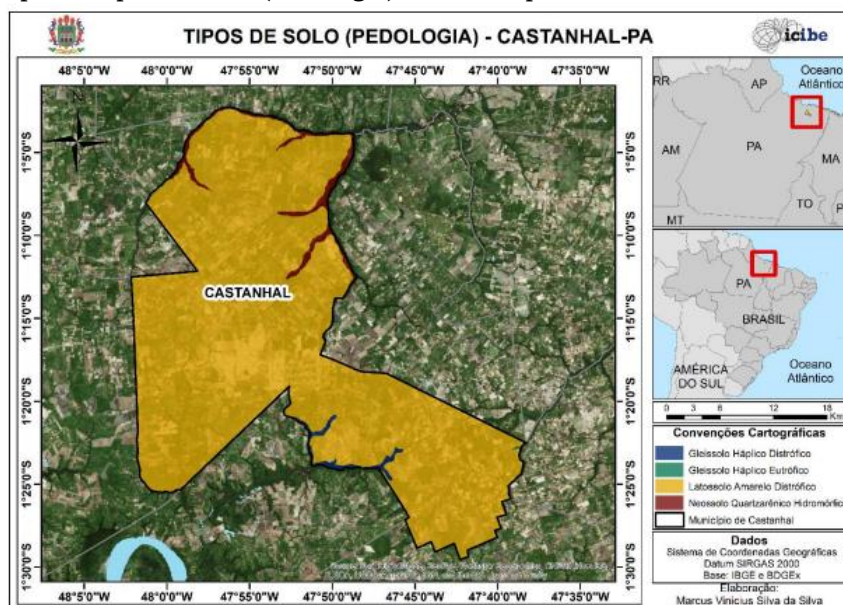
O critério utilizado para sua classificação manifesta-se devido a fração argila possuir baixa atividade, ou alta atividade somado a saturação por bases baixa, bem como a presença do horizonte B textural bem desenvolvido, localizando-se abaixo do horizonte A ou E (SANTOS *et al.*, 2006).

O latossolo apresenta uma ocorrência de grande extensão, com solos profundos, bem drenados, com elevada acidez e baixa fertilidade. Os concrecionários lateríticos são ácidos, de baixa fertilidade e ocorrem em pequenas áreas, na maioria das vezes, associados com o Latossolo (IDESP, 2014).

A NBR n° 13.896 (ABNT, 1997) estabelece que, no local de implantação de um sistema para recebimento de RS, considera-se desejável a existência de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s. Nesse sentido, os solos menos permeáveis se apresentam como os mais adequados à implantação desses projetos, considerando afirmar que o teor de argila encontrado nos solos é o fator primordial para a análise. Desta forma, quanto maior o teor de argila, menor é a permeabilidade; e, quanto maior for a resistência a erosão, maior será a aptidão do solo para a instalação do referido projeto (BORN, 2013).

Para a elaboração do mapa de pedologia do município de Castanhal-PA foram adquiridos dados vetoriais a partir do Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx) que, posteriormente, foram processados e espacializados no programa ArcGIS 10.5 por Silva (2019), possibilitando a identificação de quatro classes de solos na área do município (Figura B1.2).

Figura B1.2- Mapa de Tipos de Solo (Pedologia) do Município de Castanhal-PA.



Fonte: Silva (2019).

Sendo assim, foram identificadas quatro tipologias de solo no município: Gleissolo Háplico Distrófico, Gleissolo Háplico Eutrófico, Latossolo Amarelo Distrófico e Neossolo Quartzarênico Hidromórfico. O grupo dos Gleissolos Háplicos (distróficos e/ou eutróficos) apresentam-se como solos minerais, hidromórficos, contendo horizontes A (mineral) ou H (orgânico), seguido de um horizonte de cor cinzento-olivácea, esverdeado ou azulado, denominado de horizonte glei, resultante de modificações acarretadas pelos óxidos de ferro existentes no solo (redução) em condições de encharcamento durante o ano todo ou sazonalmente (SILVA, 2019).

Esses solos são classificados como solos mal drenados, podendo apresentar textura bastante variável ao longo do perfil, além do mais, estes solos são encontrados em baixadas, próximas a drenagens e cursos d'água, como pode ser visto no mapa de pedologia, em que se observa a classe de Gleissolo Háplico Distrófico, concentra-se nas margens do rio Inhangapi (EMBRAPA, 1999).

Foi observado que na área estudo, o grupo de solo que mais se destaca é o Latossolo Amarelo Distrófico, compreendendo aproximadamente 96,72 % da área do município. Segundo a Embrapa, este tipo de solo é caracterizado por conter materiais argilosos ou areno-argilosos sedimentares da formação Barreiras na região litorânea do Brasil ou nos baixos platôs da região amazônica relacionados à Formação Alter do-Chão. Esse solo é caracterizado pela elevada coesão de seus agregados estruturais (solos coesos) e pela cor uniformemente amarelada,

devido ao seu teor de argila, que pode apresentar textura argilosa ou muito argilosa (EMBRAPA, 1999).

Outro grupo de solo encontrado em Castanhal-PA é o Neossolo Quartzarênico Hidromórfico, que se concentra as margens dos cursos d'água, localizados ao norte e nordeste do município. Segundo a Embrapa, estes solos são originários de depósitos arenosos, apresentando textura areia ou areia branca ao longo de pelo menos 2 metros de profundidade. Recebem o nome de Quartzarênico devido sua constituição ser essencialmente grãos de quartzo, sendo a vista disso, praticamente destituídos de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo (EMBRAPA, 1999).

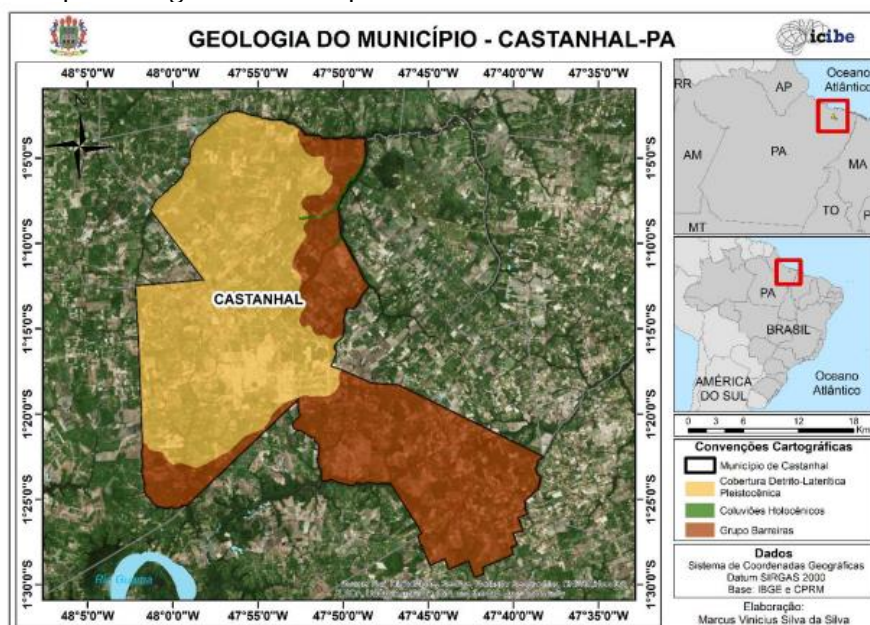
O município é constituído por terrenos terciários da formação Barreiras, e por sedimentos inconsolidados antigos e recentes, do Quaternário, não fazendo, assim, exceção à geologia da microrregião de Castanhal, de constituição geológica bastante simplificada. Coincidentemente à estrutura geológica, seu relevo, apresenta-se modesto, como em toda a região a que pertence, inserido num dos setores do Planalto Rebaixado da Amazônia, (da zona Bragantina), apresentando tabuleiros ou baixos platôs pediplanados, bem conservados, com colinas de topo aplainado e dissecado (IDESP, 2014).

Segundo a NBR nº 13.896 (ABNT, 1997), as indicações Geológicas são importantes na determinação da capacidade de depuração do solo e da velocidade de infiltração do mesmo. Desta forma, a geologia auxilia no entendimento dos processos, os quais levaram a origem e transformações do material geológico ao longo do tempo, ajudando na compreensão da formação da tipologia de solo existente na área de estudo, de acordo com sua origem e sua composição (LEÃO, 2018).

No contexto das áreas para atividades de disposição final de RS, deve-se analisar a disponibilidade de material terroso para recobrimento e profundidade do lençol freático, pois este fator é de extrema importância, visto que se deve avaliar o risco de contaminação das águas subterrâneas (BORN, 2013).

Assim sendo, utilizando o *software* ArcGIS 10.5 e com os dados vetoriais disponibilizados pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM) Silva (2019) realizou o mapeamento geológico no município de Castanhal-PA, exposto na Figura B1.3.

Figura B1.3 - Mapa Geológico do Município de Castanhal-PA.



Fonte: Silva (2019).

Com isso, observa-se que foram identificadas no município, três unidades de cobertura Geológicas: Cobertura Detrito-Laterítica Pleistocênica, Grupo Barreiras e Colúvies Holocênicas. Sendo esta última, a de menor proporção (0,09%). A Cobertura Detrito-Laterítica Pleistocênica são constituídas por sedimentos argiloarenosos amarelados, cauliníticos, alóctones e autóctones, parcial a totalmente pedogeneizados (Latossolos argiloarenosos), gerados por processos alúvio coluvionar (IBGE, 2000).

Essas denominações advêm do fato de os grãos serem muito pequenos, constituídos em sua maioria por óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro e pelo processo de laterização na camada mais superficial (submetidos por um longo período) que são frequentes e comuns em regiões tropicais úmidas, dessa forma, possuem um nível de expansividade bem pequeno ao entrar em contato com água e agem como uma espécie de cimento natural secos (EMBRAPA, 2011).

O Colúvio refere-se ao material detrítico produzido a montante, proveniente de locais topograficamente mais elevados, depositado em situação morfológica apropriada, e associado ao processo de transporte pela ação da gravidade (escoamento superficial), geralmente composto por depósitos de grande extensão lateral, recentes, constituídos predominantemente por sedimentos arenosos e cascalhentos, além de sedimentos siltsos e argilosos e conglomerados; encontrados muitas vezes nos rios da região (CASSETI, 2006).

Quanto ao Grupo Barreiras, constitui uma cobertura sedimentar terrígena continental e marinha de idade miocênica a pleistocênica inferior. Este tipo de cobertura ocorre ao longo do

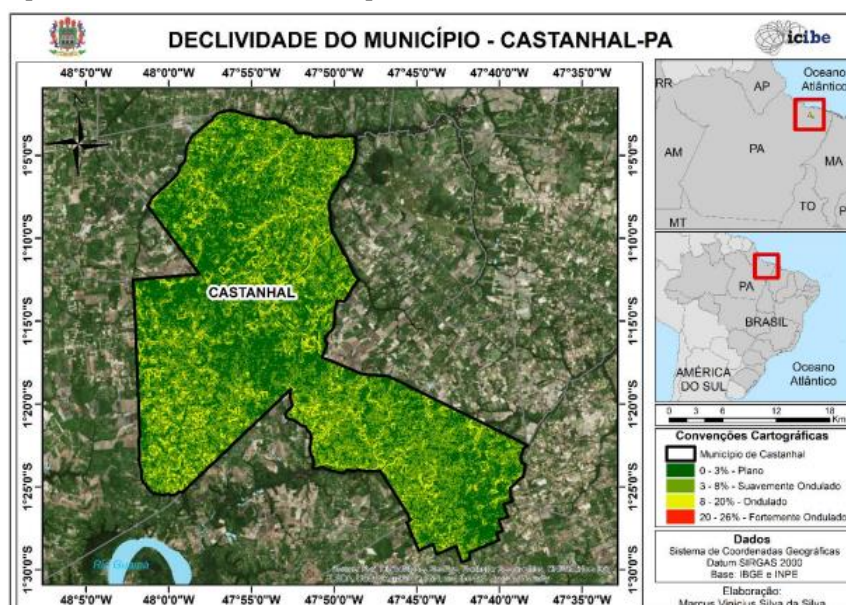
litoral brasileiro e se estendem desde a região amazônica, por toda região costeira norte e nordeste, até o Estado do Rio de Janeiro. Além disso, a continuidade física do Grupo Barreiras, na forma de lençol quase contínuo, sugere que inicialmente esta cobertura correspondia a rampas detríticas coalescentes mergulhando em direção ao Oceano Atlântico. (BEZERRA, 2001).

O Grupo Barreiras é composto por uma sequência de sedimentos detríticos, siliciclásticos, de origem fluvial e marinha, pouco ou não consolidados, mal selecionados, de cores variegadas, variando de areias finas a grossas, predominando grãos angulosos, argilas cinza avermelhadas, com matriz caulínica e ocorrência escassa de estruturas sedimentares (EMBRAPA, 2011).

Para a delimitação da declividade do município, os dados utilizados por Silva (2019) foram imagens SRTM disponibilizadas pelo projeto TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para abranger a área de pesquisa em sua totalidade foram necessários os *downloads* de duas imagens (01S48_SN e 01S495SN), ambas na escala de 1:250.000. Por conseguinte, utilizando o *software* ArcGIS 10.5 foi realizado o mosaico das imagens supracitadas, seguido do recorte da imagem já mosaicada a partir do limite da área de pesquisa.

As altitudes identificadas no município de Castanhal-PA são relativamente baixas, consideradas de relevo plano a ondulado, de tal forma que as declividades encontradas na área de pesquisa correspondem de 0 a 26% (Figura B1.4).

Figura B1.4 - Mapa de Declividade do Município de Castanhal-PA.



Fonte: Silva (2019).

A variável declividade é de suma importância para avaliação de projetos nos municípios, pois esta característica é determinante na escolha do método construtivo e nas obras de terraplenagem para a construção da instalação de atividades e projetos como aterros sanitários. Diante disso, a NBR n° 13.896 (ABNT, 1999) recomenda que sejam escolhidos locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%.

Além do mais, a declividade é um dos fatores primordiais para determinar a velocidade do escoamento superficial e a susceptibilidade à erosão, pois uma declividade elevada faz com que o material não consolidado fique instável e propenso a infiltrações. Então, áreas que apresentam altas altitudes não são indicadas, pois se destaca o grande custo relacionado à construção e manutenção dos aterros nestes locais, além do risco devido à dificuldade do escoamento de drenagem quando estes estão localizados em uma encosta muito plana.

Na formação hidrográfica, o Inhangapi é o principal rio de Castanhal, onde sua nascente está localizada à sudeste, e a foz no rio Guamá, fazendo limite com 22 (vinte e dois) outros municípios. Formado por pequenos igarapés, nasce a sudeste do município e deságua no rio Guamá. Recebe, em seu percurso, pela margem direita, os igarapés Tauari e Pitimandeuá, este fazendo limite parcial ao sul, com Inhangapi. O seu mais importante afluente, por esta margem, é o rio Apeú, que nasce a noroeste da sede do município e tem como afluentes os igarapés Macapazinho, Castanhal e Americano, este fazendo limite, a sudoeste, com Santa Izabel do Pará. Pela margem esquerda do rio Inhangapi, aparecem os tributários igarapés São Lourenço e Timboteua (CASTANHAL, 2006).

Na porção nordeste, o rio Braço Direito do Marapanim com o tributário rio Caranã e o afluente deste, Braço do Caranã, formam o limite Leste com São Francisco do Pará. Ao Norte, o rio Braço Esquerdo do Marapanim faz limite com Curuçá e a noroeste com Vigia. Em geral os cursos d'água são utilizados para recreação e lazer da população como foi observado na localidade de Apeú, onde parte do rio foi transformada em um "balneário". Servem como fontes de abastecimento para aquelas comunidades que não são beneficiadas com a água tratada e encanada. São utilizados como vias de transporte, pois alguns rios e igarapés possuem trechos navegáveis, além de servirem para pescaria, lazer como para alimentação das comunidades do entorno dos cursos d'água. Localmente ocorrem cursos de menor expressão como os igarapés Capixuna, que se situa próximo ao lixão do Pantanal (VALENTE *et al.*, 2001).

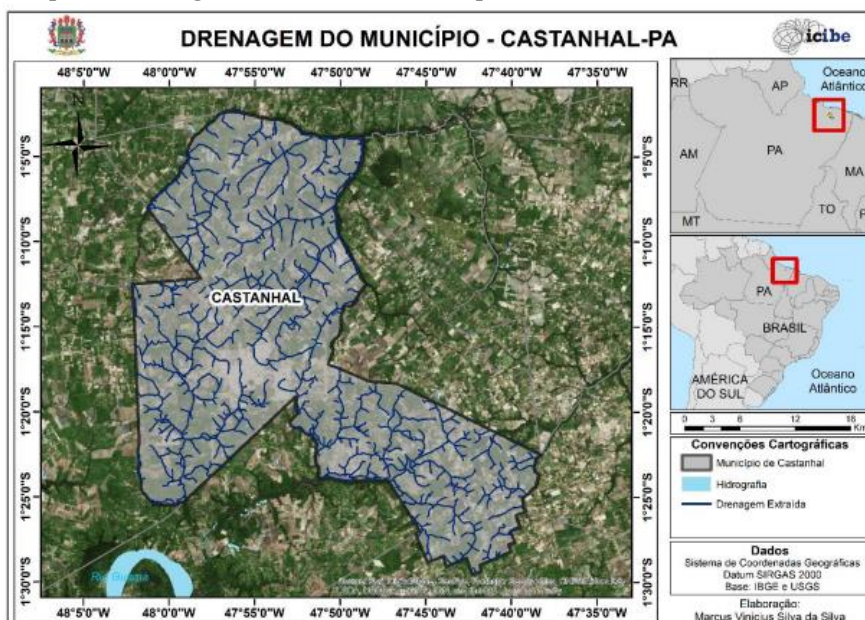
Castanhal possui um clima chuvoso bastante intenso, com dois períodos bem definidos, o chuvoso e seco. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), Castanhal apresenta anualmente um volume acumulado médio de precipitação de 2.500 mm, que pode variar entre

1.500 mm, em anos mais secos ou atingir 4.500 mm, em anos mais chuvosos (SODRÉ *et al.*, 2020).

Os dados pluviométricos climatológicos de Castanhal mostram que eventos de precipitação acima de 100 mm, apresentam 50% ou mais de chances de ocorrerem durante o período de nove meses (dezembro a agosto) (Figura 4). Entretanto, no período chuvoso, que se estende de janeiro a abril, os volumes podem chegar aos 400 mm conforme observado no mês de março, caracterizando o mês de maior perigo para a contaminação ambiental dos rios, lagos e lençol freático localizado nas proximidades do lixão (SODRÉ *et al.*, 2020).

Silva (2019) realizou uma pesquisa no município de Castanhal-PA com intuito de extrair dados referente a drenagem através de imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) para uma melhor precisão na extração dos resultados, os autores concluíram o município de Castanhal tem em seu território diversas microbacias hidrográficas, entre as principais podemos citar as do Rio Apéu (sudoeste) e do Rio Inhangapi (sudeste), sendo este último um manancial que abastece a cidade em conjunto com os poços (Figura B1.5).

Figura B1.5 - Mapa de Drenagem Extraída do Município de Castanhal-PA.

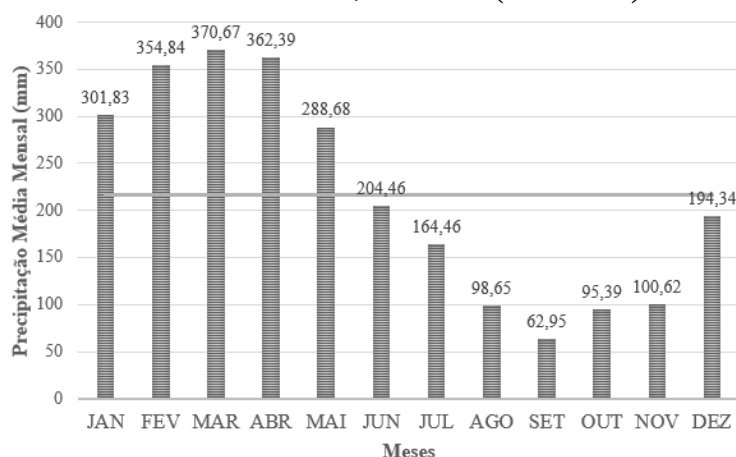


Fonte: Silva (2019).

Segundo a classificação de Koppen, Castanhal possui clima equatorial megatérmico úmido. As médias de temperatura anual estão em torno de 26°C, com umidade relativa do ar variando entre 80% e 85% (IDEFLOR-BIO, 2017). De acordo com dados da Agência Nacional de Águas (ANA), o valor anual médio de pluviometria está por volta de 2.500 mm. A estação

chuvosa ocorre nos meses de dezembro a maio, e a menos chuvosa entre junho e novembro, como mostra a Figura B1.6:

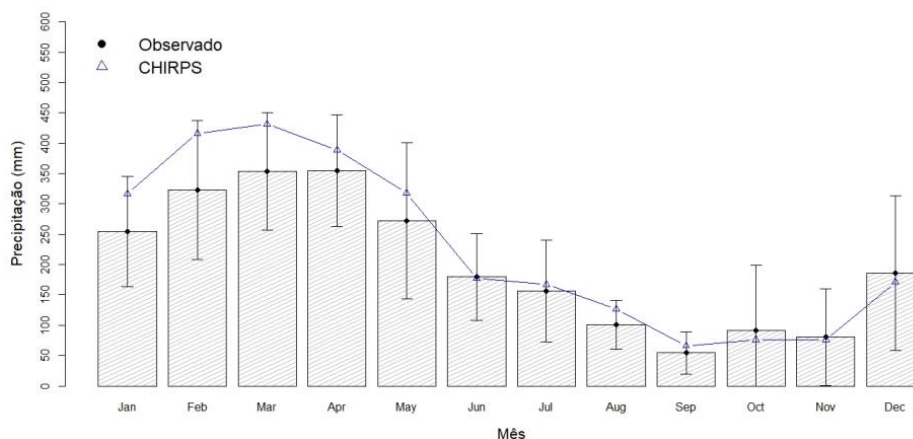
Figura B1.6 – Dados da Pluviosidade de Castanhal, Hidroweb (2000-2020)



Fonte: Adaptado do Hidroweb (2000-2020).

Na pesquisa realizada em Castanhal-PA por Silva *et al.* (2020), sobre estimativa de precipitação, foi indicado que a probabilidade de dias com precipitação em Castanhal varia acentuadamente ao longo do ano, onde as médias mensais da Agência Nacional de Águas (ANA) e dos dados do produto CHIRPS extraídos do pixel mais próximo à localização das estações meteorológica de Castanhal-PA são observadas nas figuras B1.7, onde os meses de dezembro a maio representam o período chuvoso e de junho a novembro o período menos chuvoso.

Figura B1.7 - Ciclo anual de precipitação média acumulada observada (ANA*) e estimada pelo produto CHIRPS, para o período de 2003 a 2018. *Estação meteorológica automática de Castanhal-PA (lat: -1,30 S; long: -47,94 W) da rede de monitoramento da Agência Nacional.



Fonte: Silva *et al* (2020).

A estação de maior precipitação dura em média 6,8 meses, de dezembro a julho, com probabilidade acima de 61% de que um determinado dia tenha precipitação e o mês com maior número de dias com precipitação em Castanhal é abril, com média de 28,3 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação.

A estação seca dura em média 5,2 meses, de julho a dezembro. O mês com menor número de dias com precipitação em Castanhal é outubro, com média de 8,4 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação. A forma de precipitação mais comum ao longo do ano é de chuva somente, com probabilidade máxima de 96% em abril. O mês mais chuvoso em Castanhal é março, com média de 396 milímetros de precipitação de chuva. O mês menos chuvoso em Castanhal é outubro, com média de 40 milímetros de precipitação de chuva (SILVA *et al.*, 2020).

A vegetação da cidade de Castanhal é representada, predominantemente, pela Floresta Secundária, procedente da remoção da cobertura florestal primária (Floresta Densa dos baixos platôs), para a implantação de cultivos de subsistência. Ao longo dos riachos e outros corpos d'água, é possível encontrar as Florestas da Galeria (PACHECO *et al.*, 2011) alterada, havendo uma descaracterização da cobertura vegetal original e o município também conta com extensas áreas de pastagens artificiais que substituem as Florestas originárias (IDESP, 2014).

Em menor proporção pode ser encontradas a floresta equatorial subperenifolia densa (floresta densa de terra firme ou floresta tropical úmida) também classificada pelo IBGE como floresta ombrófila densa e a ocorrência de floresta equatorial higrófila de várzea (floresta ombrófila densa de planície aluvial) que ocorre margeando os cursos d'água (PARÁ, 2012).

8.3 APÊNDICE C – FORMULÁRIOS APLICADOS ÀS SECRETARIAS MUNICIPAIS DE CASTANHAL-PA.

Para a SEMOB, o formulário semiestruturado abordou itens quanto a área utilizada para disposição de RSU e rejeitos a céu aberto (Quadro C 1.1), bem como referente as competências identificadas no Decreto nº 117 (CASTANHAL, 2017).

Quadro C 1.1 - Formulário semiestruturado aplicado a Secretaria de obras e urbanismo - SEMOB.

(continua)

	Itens abordados na aplicação do formulário semiestruturado
1	A área de disposição de RSU é licenciada?
2	A área de disposição de RSU é delimitada?
3	A área de disposição de RSU está em funcionamento desde quando?
4	Qual a frota de coleta de resíduos municipal?
5	Quantos carros são utilizados para o serviço?

Fonte: Autor (2022).

Quadro C 1.1 - Formulário semiestruturado aplicado a Secretaria de obras e urbanismo - SEMOB.
(conclusão)

	Itens abordados na aplicação do formulário semiestruturado
6	Quais dias da semana que são realizados a coleta de resíduos?
7	Quantos bairros, distritos ou comunidades são atendidos pela coleta de RSU?
8	Quantos funcionários existem atualmente neste setor de saneamento?
9	Existe treinamento para os funcionários que atuam na coleta de RSU?
10	Existe alguma cooperativa ou organização de catadores em parceria com a secretaria de obras?
11	Existe algum plano ou projeto ambiental para minimização dos danos na área de disposição de RSU?
12	Existe parceria da Secretaria de Obras com outras Secretarias vinculada ao Saneamento?

Fonte: Autor (2022).

Para a SEMMA, o formulário semiestruturado abordou itens quanto a área utilizada para disposição de RSU e rejeitos a céu aberto (Quadro C 1.2), bem como referente as competências identificadas na Lei Municipal nº 015 (CASTANHAL, 2013).

Quadro C 1.2 - Formulário semiestruturado aplicado a Secretaria municipal de meio ambiente - SEMMA.

	Itens abordados na aplicação do formulário semiestruturado
1	A área de disposição de RSU é licenciada? Por quê?
2	A área de disposição de RSU é delimitada? Por quê?
3	A área de disposição de RSU está em funcionamento desde quando?
4	Existe alguma cooperativa ou organização de catadores em parceria com a Secretaria de Meio Ambiente?
5	Existe algum plano ou projeto ambiental para minimização dos impactos na área de disposição de RS?
6	Existe parceria da secretaria de meio ambiente com outras Secretarias vinculada ao Saneamento?
7	Qual a estimativa de produção diária de RSU?
8	Qual a função da Secretaria de Meio Ambiente no saneamento municipal?
9	Quais a média de catadores que atuam no vazadouro de forma autônoma?
10	Existe monitoramento da área do vazadouro?
11	Em relação a formular, coordenar e executar planos e programas de desenvolvimento, visando à proteção e conservação do meio ambiente, o que já foi feito ou está em andamento sobre o vazadouro de Castanhal?
12	Em relação ao atual consórcio que Castanhal faz parte, o que já foi feito ou está sendo feito?
13	Qual o principal fator para a persistência desta forma de inadequada de disposição de RSU?

Fonte: Autor (2022).

Para a SPU o formulário semiestruturado abordou itens quanto a área utilizada para disposição de RSU e rejeitos a céu aberto (Quadro C 1.3), bem como referente as competências identificadas no Decreto nº 117 (CASTANHAL, 2017).

Quadro C 1.3 - Formulário semiestruturado aplicado a Secretaria de Planejamento Urbano - SPU.
(continua)

	Itens abordados na aplicação do formulário semiestruturado
1	A área de disposição de RSU é licenciada? Por quê?
2	A área de disposição de RSU é delimitada? Por quê?
3	A área de disposição de RSU está em funcionamento desde quando?
4	Existe alguma cooperativa ou organização em parceria com a Secretaria de planejamento urbano para atuar no vazadouro?

Fonte: Autor (2022).

Quadro C 1.3 - Formulário semiestruturado aplicado a Secretaria de Planejamento Urbano - SPU.

(conclusão)

	Itens abordados na aplicação do formulário semiestruturado
5	Existe algum plano ou projeto da Secretaria de planejamento urbano para minimização dos impactos na área de disposição de RSU?
6	Existe parceria da Secretaria de planejamento urbano com outras secretarias vinculada ao saneamento na gestão de RS?
7	Qual a estimativa de produção diária de RSU em Castanhal-PA?
8	Qual a função da Secretaria de Planejamento Urbano no saneamento municipal referente ao vazadouro?

Fonte: Autor (2022).

Para a VISA e SAA o formulário semiestruturado abordou itens quanto a área utilizada para disposição de RSU e rejeitos a céu aberto (Quadro C 1.4), bem como referente as competências identificadas no Decreto nº 117 (CASTANHALL, 2017).

Quadro C 1.4 - Formulário semiestruturado aplicado a Vigilância Sanitária – VISA e a Secretaria de Saúde - SSA.

	Itens abordados na aplicação do formulário semiestruturado
1	A atual área de disposição de RSU de Castanhal-PA é licenciada? Por quê?
2	A área de disposição de RS é delimitada? Por quê?
3	Sabe informar desde quando a área de disposição de RSU está em funcionamento?
4	Existe alguma organização pública ou privada em parceria com a Vigilância Sanitária/ Secretaria de saúde para atuar no vazadouro?
5	Existe algum plano ou projeto para minimização dos impactos na área de disposição de RS?
6	Existe parceria da Vigilância Sanitária/Secretaria de saúde com outras secretarias vinculada ao saneamento na gestão de RSU?
7	Qual a estimativa de produção diária de RSU em Castanhal-PA?
8	Qual a função da Vigilância Sanitária/Secretaria de saúde no saneamento municipal referente ao vazadouro?
9	Referente as competências da Vigilância Sanitária/Secretaria de saúde, existem ações referente ao vazadouro municipal que visam garantir a prevenção de doenças, proteção e promoção da saúde da população?
10	Existe atuação na fiscalização e controle de serviços de interesse à saúde, bem como exercer ações de intervenção sobre situações e ambientes de risco no vazadouro?
11	Existe fiscalização e controle das condições sanitárias do vazadouro de Castanhal-PA por parte da Vigilância Sanitária/ Secretaria de saúde?
12	Quais as ações Inter setoriais para o desenvolvimento de programas conjuntos de promoção à saúde referente ao vazadouro de Castanhal?

Fonte: Autor (2022).

8.4 APÊNDICE D – FORMULÁRIOS APLICADOS ÀOS CATADORES DO VAZADOURO A CÉU ABERTO DE CASTANHALL-PA.

Quadro E 1.1 - Formulário semiestruturado aplicado aos catadores de RSU de Castanhal-PA.

(continua)

	Itens abordados na aplicação do formulário semiestruturado
1	Identificação do gênero sexual.
2	Idade.

Fonte: Autor (2022).

Quadro E 1.1 - Formulário semiestruturado aplicado aos catadores de RSU de Castanhal-PA.

(conclusão)

	Itens abordados na aplicação do formulário semiestruturado
3	Grau de escolaridade.
4	Vínculo empregatício.
5	Tempo de atuação no vazadouro.
6	Localidade residente.
7	Doenças relacionadas a atividade no vazadouro.
8	Principais resíduos coletados
9	Criação de animais
10	Acompanhamento de crianças na atividade.
11	Associação a cooperativas ou empresas recicladoras.
12	Opinião quanto ao encerramento das atividades no vazadouro.

Fonte: Autor (2022).

8.5 APÊNDICE E – FORMULÁRIOS APLICADOS ÀOS SERVIDORES PÚBLICOS DA SEMOB E ÀS RESIDÊNCIAS DA COMUNIDADE DO BOA VISTA DE CASTANHAL-PA.

A aplicação do formulário e entrevista semiestruturada a 05 (cinco) servidores públicos de coleta de RSU em Castanhal-PA, e ao responsável pelo setor de coleta de RS da SEMOB envolveram questionamentos sobre o meio socioambiental e econômico (Quadro E 1.1).

Quadro E 1.1 - Formulário semiestruturado aplicado aos catadores de RSU de Castanhal-PA.

	Itens abordados na aplicação do formulário semiestruturado
1	Identificação do gênero sexual.
2	Idade.
3	Grau de escolaridade.
4	Vínculo empregatício.
5	Tempo de atuação no vazadouro.
6	Localidade residente.
7	Doenças relacionadas a atividade no vazadouro.
8	Principais resíduos coletados
9	Criação de animais
10	Acompanhamento de crianças na atividade.
11	Associação a cooperativas ou empresas recicladoras.
12	Opinião quanto ao encerramento das atividades no vazadouro.

Fonte: Autor (2022).

Para a comunidade Boa Vista a aplicação do formulário semiestruturado compôs questões sobre os aspectos socioambientais e econômicos (Quadro E 1.2).

Quadro E 1.2 - Formulário semiestruturado aplicado aos catadores de RSU de Castanhal-PA.

(continua)

	Itens abordados na aplicação do formulário semiestruturado
1	Identificação do gênero sexual.
2	Idade.
3	Grau de escolaridade.

Fonte: Autor (2022).

Quadro E 1.2 - Formulário semiestruturado aplicado aos catadores de RSU de Castanhal-PA.

(conclusão)

	Itens abordados na aplicação do formulário semiestruturado
4	Tempo residente no local.
5	Doenças relacionadas ao vazadouro.
6	Problemas sociais referentes ao vazadouro
7	Problemas ambientais referentes ao vazadouro
8	Problemas econômicos referentes ao vazadouro
9	Opinião quanto ao fechamento do vazadouro.

Fonte: Autor (2022).

8.6 APÊNDICE F – CHECK LIST APLICADO AO MEIO FÍSICO, COMPONENTES BIÓTICOS E ABIÓTICOS E CONDIÇÕES OPERACIONAIS.

Para o meio físico (uso e ocupação do solo, infraestrutura implantada e acesso ao aterro) foi aplicado o *Check List*, de acordo com o Quadro F.1.1.

Quadro F.1.1 - *Check list* aplicado para a identificação dos danos referente aos indicadores do meio físico.

		Check-list	Sim	Não
Indicadores do Meio físico	Uso e ocupação do solo	Processo erosivos	X	
		Supressão vegetal	X	
		Dano ao relevo	X	
		Alteração da capacidade de suporte do solo	X	
		Proximidade a núcleos habitacionais		X
		Proximidade a corpos de água		X
		Possível alteração da porosidade e densidade do solo	X	
		Compactação do solo	X	
		Possível alteração da permeabilidade do solo	X	
		Isolamento visual da vizinhança		X
	Infraestrutura implantada	Legalidade da localização		X
		Cercamento da área		X
		Sistema de tratamento de chorume		X
		Sistema de drenagem de gases		X
		Impermeabilização da base do aterro		X
		Vigilante		X
		Monitoramento de águas subterrâneas		X
		Controle do recebimento e peso das cargas		X
		Drenagem das águas pluviais		X
		Sistema de iluminação		X
	Acesso ao aterro	Sistema viário com manutenção de qualidade periódica.		X
		O sistema viário é afetado pelo tráfego do transporte de RS e rejeitos.	X	
		Manutenção do acesso interno		X
		Sistema de frota e trânsito		X
		Sinalização		X
		Controle de acesso		X
		Cercamento físico da área		X
		Monitoramento das vias de acesso		X

Fonte: Autor (2022).

Nota: Elaborado a partir dos dados de: Sánchez (2013); Silva *et al.* (2012); Georges e Gomes (2021) e Costa *et al.* (2016).

Para o meio biótico e abiótico (solo, recurso hídricos, ar, fauna, flora e antrópico) foi aplicado o *Check List*, de acordo com o Quadro F.1.2

Quadro F.1.2 - *Check list* aplicado para a identificação dos danos referente aos indicadores do meio biótico e abiótico.

(continua)

Check-list			Sim	Não
Meio biótico e abiótico	Solo	Compactação do solo	X	
		Alteração da dinâmica do solo	X	
		Possibilidade da alteração na drenagem natural	X	
		Possibilidade de alteração na taxa de escoamento	X	
		Resistência a penetração	X	
		Alteração química do solo	X	
		Alteração biológica do solo	X	
		Alteração física do solo	X	
		Exposição do solo	X	
		Redução da biota do solo	X	
		Danos a qualidade da cobertura do solo	X	
		Infiltração do lixiviado	X	
		Existência da macro fauna edáfica	X	
		Comprometimento da macro fauna edáfica	X	
	Recursos hídricos	Contaminação química da água	X	
		Contaminação física da água	X	
		Contaminação microbiológica da água	X	
		Presença de lixiviado	X	
	Ar	Aumento da concentração e emissão de gases	X	
		Poeira	X	
		Alterações do microclima local	X	
		Transporte de resíduos pelo vento	X	
		Presença de material particulado	X	
		Queima dos resíduos e rejeitos	X	
		Emissão de odores	X	
		Presença de bioindicadores (liquens e musgos)	X	
	Fauna	Stress da fauna	X	
		Perda de habitats	X	
		Contaminação da cadeia alimentar	X	
		Afugentamento da fauna	X	
		Diminuição da base genética	X	
		Alteração da dinâmica populacional	X	
		Interrupção dos fluxos gênicos	X	
		Alteração e limitação da biodiversidade nativa	X	
		Aumento do fluxo migratório	X	
	Flora	Supressão parcial	X	
		Supressão total		X
		Alteração da dinâmica populacional	X	
		Diminuição da base genética	X	
		Interrupção dos fluxos gênicos	X	
		Redução da biodiversidade nativa	X	
		Limitação no processo de regeneração	X	
		Influência na dispersão de sementes	X	
		Espécies invasoras	X	

Fonte: Autor (2022).

Nota: Elaborado a partir dos dados de: Sánchez (2013); Silva *et al.* (2012); Georges e Gomes (2021) e Costa *et al* (2016).

Quadro F.1.2 - *Check list* aplicado para a identificação dos danos referente aos indicadores do meio biótico e abiótico.

(conclusão)

<i>Check-list</i>			Sim	Não
Meio biótico e abiótico	Antrópico	Moradores no local	X	
		Exposição dos catadores	X	
		Oferta de empregos (catadores)		X
		Alteração da qualidade de vida dos catadores	X	
		Alteração da qualidade de vida da população circunvizinha	X	
		Dermatites de contato	X	
		Dermatites de contato	X	
		Doenças respiratórias	X	
		Incidência de doenças por vetores	X	
		Risco de acidentes	X	
		Poluição visual	X	
		Poluição de áreas circunvizinhas	X	
		Aumento do risco de acidentes por animais peçonhentos	X	
		Desvalorização de terrenos vizinhos	X	
		Geração de emprego por contrato		X
		Mão de obra qualificada		X
		Conflito com moradores e vizinhança	X	

Fonte: Autor (2022).

Nota: Elaborado a partir dos dados de: Sánchez (2013); Silva *et al.* (2012); Georges e Gomes (2021) e Costa *et al* (2016).

Para as condições operacionais (condições operacionais e outros fatores) foi aplicado o *Check List*, de acordo com o Quadro F.1.3.

Quadro F.1.3 - *Check list* aplicado para a identificação dos danos referente aos indicadores das condições operacionais.

<i>Check-list</i>			Sim	Não
Condições operacionais	Condições operacionais	Presença de catadores autônomos	X	
		Criação de animais	X	
		Equipamentos de proteção individual		X
		Exposição a resíduos perigosos	X	
		Incineração de resíduos	X	
		Tratamento e monitoramento de efluentes		X
		Disposição de resíduos industriais	X	
		Disposição de resíduos de serviços de saúde	X	
	Outros fatores	Conhecimento do prazo de vida útil do vazadouro		X
		Delimitação da área		X
		Impacto a circunvizinhança	X	
		Demanda de serviços públicos	X	
		Risco de incêndio	X	
		Iluminação para ação emergencial		X
		Presença de macro e micro vetores	X	
		Emissão alta de ruídos	X	
		Empresas que coletam material reciclável	X	

Fonte: Autor (2022).

Nota: Elaborado a partir dos dados de: Sánchez (2013); Silva *et al.* (2012); Georges e Gomes (2021) e Costa *et al* (2016).