



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA - UFRR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS - PRONAT**

EMANUEL ARAÚJO BEZERRA

**MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS:
Análise comparativa entre as cidades de Boa Vista, Roraima e Fortaleza, Ceará**

**BOA VISTA, RR
2024**

EMANUEL ARAÚJO BEZERRA

**MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS:
Análise comparativa entre as cidades de Boa Vista, Roraima e Fortaleza, Ceará**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais - PRONAT da Universidade Federal de Roraima – UFRR, na área de concentração: Manejo e conservação de bacias hidrográficas e Linha de Pesquisa: Manejo e dinâmica de recursos naturais, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Dra. Francilene dos Santos Rodrigues

Coorientadora: Prof.^a Dra. Lena Simone Barata Souza

**BOA VISTA, RR
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

B574m Bezerra, Emanuel Araújo.

Manejo de resíduos sólidos urbanos: análise comparativa entre as cidades de Boa Vista, Roraima e Fortaleza, Ceará / Emanuel Araújo Bezerra. – Boa Vista, 2024.

181 f. : il. Inclui Apêndices e Anexos.

Orientadora: Profa. Dra. Francilene dos Santos Rodrigues.

Coorientadora: Profa. Dra. Lena Simone Barata Souza.

Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Roraima. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (PRONAT).

1. Gestão de resíduos sólidos urbanos. 2. Coleta seletiva. 3. Aterro sanitário. 4. Indicadores ambientais. 5. Autossuficiência. I. Título. II. Rodrigues, Francilene dos Santos (orientadora). III. Souza, Lena Simone Barata (coorientadora).

CDU (2. ed.) 628.4(811.4:813.1)

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária/Documentalista (UFRR):
Maria de Fátima Andrade Costa - CRB-11/453-AM

EMANUEL ARAÚJO BEZERRA

**MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS:
Análise comparativa entre as cidades de Boa Vista, Roraima e Fortaleza,
Ceará**

Tese apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Doutorado em Recursos Naturais (Ciências Ambientais) da Universidade Federal de Roraima, defendida em 24 de outubro de 2024 e avaliada pela seguinte Banca Examinadora:

Profa. Dra. Francilene dos Santos Rodrigues
Orientadora - Universidade Federal de Roraima/UFRR

Profa. Dra. Lena Simone Barata Souza
Coorientadora - Universidade Federal de Roraima/UFRR

Profa. Dra. Geórgia Patrícia da Silva Ferko
Membro - Universidade Federal de Roraima/UFRR

Prof. Dr. Bertrand Roger Guillaume Cozic
Membro - Universidade Federal de Pernambuco/UFPE

Prof. Dr. Helder Manuel da Costa Santos
Membro - Universidade Federal do Amazonas/UFAM

Prof. Dr. Paulo Sergio Maroti
Membro - Universidade Federal de Roraima/UFRR

Prof. Dr. Carlos Sander
Membro - Universidade Federal de Roraima/UFRR

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Criador, Deus de Abraão, de Isaque e de Jacó, o Todo-Poderoso, Pai do nosso Senhor Jesus Cristo, que deu o Seu único Filho para que todo aquele que Nele crê não pereça, mas tenha a vida eterna. Agradeço, Pai, por toda a Tua bondade, graça e infinita misericórdia.

À minha esposa Natalia Serafim Camurça, serva do Deus Altíssimo, mãe dos meus dois filhos, por todo o amor, apoio, incentivo e compreensão.

Aos meus pequenos, a dupla Tales Emanuel e Túlio Emanuel, a quem Deus me incumbiu a responsabilidade de cuidar, prover, amar, edificar e ensinar.

Aos meus pais Manoel Bezerra de Araújo (*in memoriam*) e Luiza Araújo Bezerra que sempre se doaram em amor pelos filhos, lutaram e deram o seu melhor em prol de uma boa criação e uma boa educação.

Aos meus irmãos Nilson, Liliana e Jarbas Bezerra, grandes incentivadores e com quem Deus me deu a oportunidade de compartilhar momentos maravilhosos.

À minha orientadora, Prof.^a Dra. Francilene dos Santos Rodrigues, a quem guardo estima e eterna gratidão por ter aceitado me orientar, apesar das minhas limitações.

À Prof.^a Dra. Meire Joisy, Coordenadora do Pronat/UFRR, por todo o aprendizado, pela compreensão, e pelo afinco, amor e dedicação ao trabalho.

À minha Coorientadora, Prof.^a Dra. Lena Simone Barata Souza por ter aceitado me conceder apoio na realização dessa pesquisa.

Ao professor Gemelle Oliveira Santos do IFCE, responsável por ressuscitar a construção dessa pesquisa em um tempo de indecisão, gratidão eterna.

À Shirley Gomes, secretária-executiva da Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará (Pos-DEHA/UFC) por me matricular como aluno especial.

Aos professores do Pos-DEHA/UFC, Prof. Ronaldo Stefanutti, Suetônio Mota e Marisete Aquino por todo o conhecimento na área de Resíduos Sólidos.

À minha amiga Artemisa Fontinele, a quem tenho grande respeito e admiração, por toda a ajuda nessa construção, sem a qual esse trabalho não seria possível.

Aos meus reitores, Prof. Nilra Jane Bezerra e Prof. Wally Menezes, que me possibilitaram trabalhar em dois estados diferentes e tão distantes.

Ao Prof. Ananias Noronha, a quem devo eterna gratidão.

À Prof. Ana Cláudia Uchôa, pela acolhida no IFCE e pelo seu grande coração.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram com a realização deste trabalho, já que, sozinho, seria impossível que eu o realizasse.

*“tomou, pois, o Senhor Deus ao homem e
o colocou no Jardim do Éden para o
cultivar e guardar”*
Gênesis 2:15

RESUMO

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) enfrenta globalmente desafios significativos devido ao volume, ao crescimento contínuo e à diversidade dos resíduos, com impactos sociais, econômicos e ambientais. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) estabelecem diretrizes para a gestão de resíduos, mas a situação é especialmente crítica nas regiões Norte e Nordeste, onde existem dificuldades históricas e limitações de infraestrutura. A presente tese analisou, comparativamente, o manejo de resíduos sólidos urbanos (MRSU) em duas capitais brasileiras: Boa Vista, em Roraima e Fortaleza, no Ceará, destacando desde o planejamento até a implementação de medidas socioambientais nos últimos 15 anos, com vistas ao aprimoramento das práticas de MRSU, sustentabilidade e a preservação ambiental. A metodologia combina elementos de análise documental, pesquisa de campo e análise de indicadores para realizar uma análise comparativa. Como resultados, o capítulo 2 evidencia que em Fortaleza, observou-se a implementação de políticas e programas voltados para a coleta comum, coleta seletiva, transporte, tratamento de recicláveis e disposição final ambientalmente adequada em aterro sanitário, fatores que atendem à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Em Boa Vista, observou-se uma boa cobertura dos serviços de coleta comum, porém dificuldades na implementação dos serviços de coleta seletiva, reciclagem e nas adequações legais de seu aterro controlado, o que torna a gestão ainda deficiente no tocante às recomendações legais. Em relação às práticas de manejo de RSU no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC) e Aterro de Boa Vista, constantes no capítulo 3, destacou-se as diferenças em sustentabilidade, gestão e tecnologias empregadas. O ASMOC é um exemplo avançado de gestão de resíduos, com tecnologias modernas que otimizam o tratamento e reaproveitamento dos resíduos. A instalação é notável por seu monitoramento ambiental rigoroso, compostagem eficiente e recuperação de gases, convertendo-os em energia renovável e alinhando-se às metas da Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Em contraste, o Aterro de Boa Vista enfrenta desafios significativos, como a falta de aproveitamento de gases e limitações no tratamento de chorume. Essas práticas revelam a necessidade urgente de atualização tecnológica e investimentos em infraestrutura, além de iniciativas estruturadas de reaproveitamento e reciclagem. O capítulo 4 apresenta os indicadores ambientais por temática, a partir de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Boa Vista, com uma taxa elevada de autossuficiência financeira e crescimento na arrecadação per capita, destaca-se em termos de gestão financeira de MRSU, ao passo que Fortaleza iniciou a cobrança de taxas apenas em 2023. A eficiência na gestão de resíduos é impactada pela falta de uniformidade na aplicação das taxas e pela necessidade de maior transparência e legislação. Em termos de emprego formal, Boa Vista apresenta uma maior taxa de empregados por mil habitantes, mas ambos os municípios dependem fortemente da terceirização dos serviços de MRSU, o que pode acarretar problemas como precarização das condições laborais. Boa Vista apresenta uma taxa de coleta domiciliar de 100%, superior à média de Fortaleza (97,9%), mas Fortaleza coleta uma quantidade maior de resíduos per capita, possivelmente devido à urbanização e ao turismo. A coleta seletiva em Boa Vista ainda é limitada e Fortaleza enfrenta desafios similares, com baixas taxas de material reciclável coletado. A reciclagem é insuficiente em ambos os municípios, com taxas bem abaixo da média nacional de 7,72%. O estudo conclui que, apesar de avanços em algumas áreas, há uma necessidade urgente de melhorias nas políticas de coleta seletiva e reciclagem, com um planejamento robusto, infraestrutura adequada e participação comunitária para enfrentar os desafios do crescimento urbano e a gestão de resíduos de forma sustentável nas duas capitais analisadas.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de resíduos sólidos urbanos. Coleta seletiva. Aterro sanitário. Indicadores ambientais. Autossuficiência.

ABSTRACT

Urban solid waste (MSW) management faces significant challenges globally due to the volume, continuous growth and diversity of waste, with social, economic and environmental impacts. In Brazil, the National Solid Waste Policy (PNRS) and the National Basic Sanitation Policy (PNSB) establish guidelines for waste management, but the situation is especially critical in the North and Northeast regions, where there are historical difficulties and infrastructure limitations. This thesis comparatively analyzed the management of urban solid waste (MSW) in two Brazilian capitals: Boa Vista, in Roraima and Fortaleza, in Ceará, highlighting everything from planning to the implementation of socio-environmental measures in the last 15 years, aiming at improving MSW practices, sustainability and environmental preservation. The methodology combines elements of documentary analysis, field research and indicator analysis to perform a comparative analysis. As a result, Chapter 2 shows that, in Fortaleza, the implementation of policies and programs aimed at common collection, selective collection, transportation, treatment of recyclables and environmentally appropriate final disposal in a sanitary landfill was observed, factors that meet the National Solid Waste Policy. In Boa Vista, good coverage of common collection services was observed, but difficulties in implementing selective collection and recycling services and in legal adjustments of its controlled landfill, which makes management still deficient in terms of legal recommendations. Regarding the MSW management practices at the Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC) and Aterro de Boa Vista, as shown in Chapter 3, the differences in sustainability, management and technologies employed were highlighted. ASMOC is an advanced example of waste management, with modern technologies that optimize the treatment and reuse of waste. The facility is notable for its rigorous environmental monitoring, efficient composting, and gas recovery, converting them into renewable energy, and aligning with the goals of the National Solid Waste Policy. In contrast, the Boa Vista Landfill faces significant challenges, such as the lack of gas recovery and limitations in leachate treatment. These practices reveal the urgent need for technological upgrades and infrastructure investments, in addition to structured reuse and recycling initiatives. Chapter 4 presents environmental indicators by theme, based on data from the National Sanitation Information System (SNIS). Boa Vista, with a high rate of financial self-sufficiency and growth in per capita revenue, stands out in terms of MRSU financial management, while Fortaleza only began charging fees in 2023. Efficiency in waste management is impacted by the lack of uniformity in the application of fees and the need for greater transparency and legislation. In terms of formal employment, Boa Vista has a higher rate of employees per thousand inhabitants, but both municipalities rely heavily on outsourcing of MRSU services, which can lead to problems such as precarious working conditions. Boa Vista has a household collection rate of 100%, higher than the average for Fortaleza (97.9%), but Fortaleza collects a higher amount of waste per capita, possibly due to urbanization and tourism. Selective collection in Boa Vista is still limited and Fortaleza faces similar challenges, with low rates of recyclable material collected. Recycling is insufficient in both municipalities, with rates well below the national average of 7.72%. The study concludes that, despite advances in some areas, there is an urgent need for improvements in selective collection and recycling policies, with robust planning, adequate infrastructure and community participation to address the challenges of urban growth and sustainable waste management in the two capitals analyzed.

KEYWORDS: Urban solid waste management. Selective collection. Landfill. Environmental indicators. Self-sufficiency.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística descritiva dos indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)	115
Tabela 2 – Quantidade e percentual de materiais recicláveis em Roraima e no Ceará, por tipo de material	136
Tabela 3 - Índice de reciclagem de resíduos secos provenientes de embalagens.....	137
Tabela 4 - Testes de normalidade de dados e valor de p	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Boa Vista.	26
Figura 2 - Localização do município de Fortaleza	28
Figura 3 - Nuvem de palavras do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Boa Vista (A) e Fortaleza (B)	40
Figura 4 - Comparação da composição gravimétrica de Boa Vista (RR), Fortaleza (CE) e Brasil.....	45
Figura 5 - “Ponto de lixo” no município de Boa Vista-RR.....	48
Figura 6 - Ecoponto na cidade de Fortaleza	49
Figura 7 - Triciclos elétricos para recolhimento de resíduos recicláveis	50
Figura 8 – Ecoponto recém-inaugurado em Boa Vista.....	51
Figura 9 – Leiras de compostagem do Centro de Compostagem de Resíduos Orgânicos de Boa Vista	52
Figura 10 - Aspectos básicos de engenharia ambiental de aterros sanitários	68
Figura 11 - Aterro Sanitário Municipal de Boa Vista	71
Figura 12 - Estrutura da área de entrada do Aterro Sanitário de Boa Vista. (A) Portão de entrada de veículos. (B) Área de pesagem de veículos e balanças rodoviárias (C) Estrutura administrativa. (D) Área de convivência dentro da estrutura administrativa.	73
Figura 13 - Célula em operação atualmente (A) – área de operação completa. (B) Caminhões realizando a compactação e o recobrimento dos resíduos. (C) vista da célula em operação e do maciço das células desativadas.....	75
Figura 14 - Lagoas de chorume. (A) Lagoas de chorume das células antigas e estação de tratamento desativada. (B) Caminhão-pipa realizando a recirculação do chorume. (C) - Duas lagoas da nova célula de operação, atualmente em funcionamento. ...	76
Figura 15 – Projeção de nova área para o Aterro Sanitário de Boa Vista.	77
Figura 16 - Sistema de drenagem de gases. A - Dreno vertical. B - queimador tipo flare.....	79
Figura 17 - Antigo galpão da Usina de Reciclagem e Renda de Roraima	81
Figura 18 - Equipamento de reciclagem de Resíduos da Construção Civil	81
Figura 19 - Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC)	83

Figura 20 - Estrutura da área de entrada do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia. (A) Portão de entrada de veículos. (B) Área de pesagem de veículos e balanças rodoviárias (C) Estrutura administrativa. (D) Área de convivência dentro da estrutura administrativa.	85
Figura 21 - Vista aérea das lagoas de chorume do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia	86
Figura 22 - Dreno de concreto vertical revestido por malha de ferro.....	87
Figura 23 - Sistema de drenagem pluvial e cobertura vegetal.....	88
Figura 24 - Tratamento do chorume por osmose reversa. (A) Tanques de pré-acidificação (B) área administrativa e módulos de osmose reversa (C) Lagoa do permeado – Água desmineralizada após tratamento por osmose reversa	89
Figura 25 - Usina de valorização do biogás	91
Figura 26 - Sistema de tratamento de resíduos orgânicos (A) Trituração da poda de árvores. (B) Compostagem em leiras. (C) Viveiro de mudas.....	93
Figura 27 - Área de armazenamento de Resíduos de Construção Civil	93
Figura 28 - IN005 - Autossuficiência financeira da prefeitura com o manejo de resíduos sólidos urbanos	116
Figura 29 - IN003 - Incidência das despesas com o manejo de resíduos sólidos urbanos nas despesas correntes da prefeitura	117
Figura 30 - IN011 - Receita arrecadada per capita com taxas ou outras formas de cobrança pelo manejo de resíduos sólidos urbanos.....	118
Figura 31 - IN001 - Taxa de empregados em relação à população urbana	122
Figura 32 - IN008 - Incidência de empregados de empresas contratadas no total de empregados no manejo de resíduos sólidos urbanos	123
Figura 33 - IN017 - Taxa de terceirização do serviço de coleta de resíduos domésticos e resíduos públicos (RDO + RPU) em relação à quantidade coletada	124
Figura 34 - IN004 - Incidência do custo dos serviços terceirizados de manejo de resíduos sólidos urbanos nas despesas com manejo de resíduos sólidos urbanos	126
Figura 35 - IN014 - Taxa de cobertura da coleta domiciliar direta (porta-a-porta) da população urbana do município.	127
Figura 36 - IN021 - Massa coletada de resíduos domésticos e resíduos públicos (RDO + RPU) per capita em relação à população urbana	128
Figura 37 - IN030 - Taxa de cobertura da coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana do município.	130

Figura 38 - IN053 - Taxa de material recolhido pela coleta seletiva (exceto mat. orgânica) em relação à quantidade total coletada de resíduos sól. Domésticos	131
Figura 39 - IN054 - Massa per capita de materiais recicláveis recolhidos via coleta seletiva	132
Figura 40 - IN031 - Taxa de recuperação de materiais recicláveis em relação à quantidade total de resíduos domésticos e resíduos públicos (RDO + RPU) coletada	133
Figura 41 - Consolidado dos indicadores de recuperação de materiais: papel e papelão (IN034), plásticos (IN035), metais (IN038), vidros (IN039), outros materiais (IN040).	135
Figura 42 – Matriz de correlação de Spearman	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Pontos relevantes identificados na comparação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.....	41
Quadro 2 - Estratégias de coleta seletiva em Fortaleza-CE.....	51
Quadro 3 – Total de Indicadores propostos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.....	107
Quadro 4 - Indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento utilizados neste estudo.....	112
Quadro 5 - Tipos de plásticos	138

LISTA DE SIGLAS

A3P	Agenda Ambiental na Administração Pública
AAE	Avaliação Ambiental Estratégica
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABREMA	Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente
ACFOR	Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental
ASMOC	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia
AVSI	Associação Voluntários para o Serviço Internacional
CE	Ceará
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CTRP	Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos
DEHA	Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
EC	Economia Circular
FUNLIMP	Fundo Municipal de Limpeza
GRSU	Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada –
IPLANFOR	Instituto de Planejamento de Fortaleza
IPTU	Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MRSU	Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PERS	Política Estadual dos Resíduos Sólidos
PET	Politereftalato de etileno
PEV	Pontos de Entrega Voluntária
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PLANARES	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
PP	Polipropileno
PRONAT	Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais
PS	Poliestireno
PVC	Policloreto de Vinila
RCC	Resíduos de Construção Civil
RCLE	Registro de Consentimento Livre e Esclarecido.
RDO	Resíduos Sólidos Domiciliares
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
RPU	Resíduos Sólidos Públicos
RR	Roraima
RS	Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SCSP	Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos

SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TMRSU	Taxa do Serviço Público de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos
UFC	Universidade Federal do Ceará
ZGL	Zonas Geradoras de Lixo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 JUSTIFICATIVA.....	20
1.2 OBJETIVOS	23
1.2.1 Objetivo Geral	23
1.2.2 Objetivos específicos.....	23
1.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
1.4 CARACTERIZAÇÃO DAS CIDADES ANALISADAS.....	25
1.4.1 Boa Vista.....	26
1.4.2 Fortaleza.....	28
2 ANÁLISE COMPARATIVA DOS PLANOS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DAS CIDADES DE BOA VISTA E FORTALEZA: DO PLANEJAMENTO À IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS SOCIOAMBIENTAIS	31
2.1 INTRODUÇÃO	31
2.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	34
2.2.1 O Método Comparativo	34
2.2.2 Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos	36
2.3 OBJETIVO.....	38
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.5 RESULTADOS: ANÁLISE COMPARATIVA DOS PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE BOA VISTA E FORTALEZA	39
2.5.1 Prevenção da Geração e Redução de RSU.....	42
2.5.2 Geração e Composição de RSU.....	44
2.5.3 Coleta de RSU	47
2.5.4 Destinação final de RSU.....	52
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS	57
3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS ATERROS SANITÁRIOS DAS CIDADES DE BOA VISTA E FORTALEZA	63
3.1 INTRODUÇÃO	63
3.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	65
3.3 OBJETIVO.....	69
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	70
3.5 RESULTADOS: EXPLORANDO ATERROS SANITÁRIOS EM PERSPECTIVA ISOLADA E COMPARATIVA	71
3.5.1 Aterro Sanitário de Boa Vista.....	71
3.5.1.1 Antecedentes	72
3.5.1.2 Estrutura operacional do Aterro.....	73

3.5.1.3 Impermeabilização e drenagem de efluentes	77
3.5.1.4 Sistema de drenagem pluvial	79
3.5.1.5 Sistemas de tratamento	79
3.5.1.6 Monitoramento Ambiental.....	80
3.5.1.7 Presença de catadores	80
3.5.1.8 Atividades de reaproveitamento/reciclagem de resíduos	81
3.5.2 Aterro Sanitário de Caucaia.....	82
3.5.2.1 Antecedentes	83
3.5.2.2 Estrutura operacional do Aterro.....	84
3.5.2.3 Impermeabilização e drenagem de efluentes	85
3.5.2.4 Sistema de drenagem pluvial	87
3.5.2.5 Sistemas de Tratamento.....	88
3.5.2.6 Monitoramento Ambiental.....	91
3.5.2.7 Presença de catadores	91
3.5.2.8 Atividades de reaproveitamento/reciclagem de resíduos	92
3.5.3 Explorando as semelhanças e diferenças entre os Aterros Sanitários	93
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
REFERÊNCIAS	99
4 ANÁLISE COMPARATIVA DE INDICADORES DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DAS CIDADES DE BOA VISTA E FORTALEZA.....	104
4.1 INTRODUÇÃO	104
4.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	106
4.3 OBJETIVO.....	111
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	111
4.5 RESULTADOS: ANÁLISE DE INDICADORES E SÉRIES TEMPORAIS	114
4.5.1 Sustentabilidade Financeira	115
4.5.2 Trabalho e Terceirização	121
4.5.3 Coleta Domiciliar	126
4.5.4 Coleta Seletiva.....	129
4.5.5 Reciclagem.....	132
4.5.5.1 Plástico	137
4.5.5.2 Metais	138
4.5.5.3 Embalagens longa vida.....	139
4.5.5.4 Papel.....	139
4.5.5.5 Vidro	139
4.6 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE INDICADORES.....	139
4.6.1 Correlações identificadas.....	142
4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	146

REFERÊNCIAS	148
5 CONCLUSÃO	156
REFERÊNCIAS	163
ANEXOS	167
ANEXO A - Parecer Consubstanciado do CEP	167
APÊNDICES	179

1 INTRODUÇÃO

A presente tese analisou, comparativamente, o Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos em duas capitais brasileiras: Boa Vista, em Roraima e Fortaleza, no Ceará, destacando desde o planejamento à implementação de medidas socioambientais nos últimos 15 anos, com vistas ao aprimoramento das práticas de MRSU, sustentabilidade e preservação ambiental.

Cabe salientar também que a escrita desta tese adota o formato de capítulos, em que cada capítulo contém informações que contemplem uma introdução ao assunto, material e métodos, resultados e discussão e conclusão. A escolha teve como objetivo facilitar a conversão deste trabalho em artigos para publicação em revistas científicas, uma vez que, além da produção da tese e obtenção do título, o propósito principal foi a divulgação dos resultados na comunidade acadêmica.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), o MRSU engloba um conjunto abrangente de serviços que incluem a coleta, o transbordo e o transporte dos resíduos, a triagem destinada à reutilização ou reciclagem dos materiais, o tratamento dos resíduos, que pode incluir processos como a compostagem, e a destinação final dos resíduos. Cada uma dessas etapas é essencial para garantir uma gestão eficiente e sustentável dos resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2010; BRASIL, 2007).

O MRSU é reconhecido como um conjunto de serviços públicos essenciais, que deve ser executado de forma regular, contínua e eficiente, de modo a garantir segurança ambiental, uso racional dos recursos naturais e integrar-se com outros serviços públicos, com o objetivo de alcançar a universalização. Para assegurar o seu êxito, é fundamental que a administração municipal desenvolva e implemente estratégias que garantam conformidade com a legislação ambiental vigente (DUTRA; SIMAN, 2024).

A necessidade de gestão adequada decorre do fato de que o transporte, processamento e descarte de resíduos resultam na emissão de CO₂ e outros gases de efeito estufa, além de poluentes atmosféricos que intensificam as mudanças climáticas. A decomposição de resíduos orgânicos em aterros e lixões libera metano, um gás que contribui significativamente para o aquecimento global a curto prazo. A queima a céu aberto de resíduos emite carbono negro, ou fuligem, que se deposita sobre o gelo marinho, acelerando seu derretimento, com impacto substancial no aquecimento global (PNUMA, 2024).

Além disso, práticas inadequadas de eliminação de resíduos podem introduzir produtos químicos tóxicos no solo, nas águas e no ar, causando danos duradouros e potencialmente

irreversíveis aos ecossistemas e à fauna local. Essa poluição pode comprometer a biodiversidade, afetar negativamente ecossistemas inteiros e entrar na cadeia alimentar humana. A poluição prolongada dos ecossistemas terrestres e aquáticos é um dos principais fatores da perda de biodiversidade, em grande parte pela alteração do uso da terra e consumo de recursos naturais (PNUMA, 2024).

Adicionalmente, o crescimento populacional e a urbanização resultam no aumento na demanda por bens e serviços, intensificando a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e tornando essencial o estudo aprofundado dessas questões (VOUKKALI *et al.*, 2023).

A gestão adequada de recursos é um dos principais desafios da sociedade moderna, pois os resíduos crescem em ritmo mais acelerado do que a capacidade dos gestores de destiná-los e tratá-los de forma adequada (CERQUETI; CINELLI; MINERVINI, 2021). Na perspectiva socioambiental é urgente a mudança no paradigma de gerenciamento de resíduos, com maior foco na destinação ambientalmente correta e na reutilização de materiais no processo produtivo. Isso visa à utilização sustentável dos recursos aplicados na produção de bens, favorecendo a preservação ambiental (AGUIAR *et al.*, 2021).

No Brasil, Cetrulo *et al.* (2018) destacam que a capacidade técnica e de gestão disponível não são suficientes para enfrentar os desafios da implementação da legislação, haja vista que os municípios enfrentam escassez de recursos humanos para planejar, implementar, gerenciar e supervisionar os requisitos legais das políticas vigentes.

No tocante às realidades aqui analisadas, Boa Vista está localizada no extremo norte no Brasil, enfrenta um desafio logístico significativo pela distância de grandes centros econômicos nacionais, o que pode limitar o acesso a recursos, investimentos e serviços. Ainda assim, por sua localização na região amazônica, é rica em biodiversidade e ecossistemas, possui ações recentes de adequação às recomendações nacionais sobre resíduos sólidos, esforços em planejamento, nas melhorias do aterro sanitário municipal, na implantação de projetos de coleta seletiva e construção dos primeiros Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de resíduos (FARIAS, 2019; GOMES; FARIZEL; ARAÚJO JÚNIOR, 2017; BOA VISTA, 2022).

Já a cidade de Fortaleza é um polo turístico nacional, com ecossistemas variados, litoral amplo e avanços significativos nas políticas de manejo de resíduos sólidos, a exemplo da implementação precoce de normativas, avanços no programa de coleta seletiva e reciclagem e inovação na produção de biogás proveniente de resíduos de aterro sanitário (ACFOR, 2012; FUNDAÇÃO DEMÓCRITO ROCHA, 2021).

A partir dessas constatações, emerge o seguinte problema de pesquisa: Como o manejo de RSU está estruturado nos municípios de Boa Vista e Fortaleza e quais as semelhanças e diferenças das práticas adotadas?

1.1 JUSTIFICATIVA

No tocante à motivação individual, é importante mencionar que, apenas nesta parte da tese, utilizarei a primeira pessoa do singular, uma vez que se trata de um relato pessoal. De alguma forma eu sempre estive em contato com a abordagem interdisciplinar, inicialmente dentro da minha área de formação, na enfermagem, e posteriormente alargando o conhecimento em direção às outras áreas do conhecimento. No início da minha vida profissional, tive a oportunidade de trabalhar e viver continuamente em terra indígena, com infraestrutura limitada, hospedagem em imóveis de barro com teto de palha, ausência de energia elétrica e água encanada, escassez de água potável, banheiros improvisados em buracos ou fossas rudimentares, ausência de coleta de resíduos, dentre outras condições semelhantes, o que me possibilitou vivenciar profundas reflexões ambientais que emergiram em mim de forma significativa no contexto comunitário. Essa vivência também me possibilitou compreender o modo de relacionamento dos povos indígenas com a natureza, o ambiente e a conservação dos recursos naturais.

Anos depois, essa semente me trouxe o desejo de atuar novamente no contexto dos povos indígenas. Por este motivo, em 2020, ingressei no doutorado do Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais (PRONAT) da Universidade Federal de Roraima (UFRR), com um projeto cujo objetivo era compreender os conflitos socioambientais em terras indígenas, à época muito presentes em decorrência do avanço da atividade garimpeira, que avançou sobre as terras indígenas legalmente demarcadas dentro do estado de Roraima.

No entanto, um ano antes de ingressar no doutorado, em 2019, eu havia passado por um processo de divórcio e, como consequência, a minha esposa e meus dois filhos se mudaram para o Ceará, nossa terra natal. Também em 2019, em meio a esse momento tão difícil da minha vida, eu tive um encontro verdadeiro com Jesus Cristo, arrependi-me dos meus pecados, recebi o sacrifício que Ele por mim e mudei completamente a rota da minha vida. Nessa caminhada com Jesus Cristo, em 2021 Ele me proporcionou a oportunidade de voltar a viver no Ceará e de ter a minha família restaurada, com quem voltei a viver após dois anos de divórcio.

Nesse interim, em meados de 2021, eu já não estava mais residindo em Boa Vista, o que tornou impraticável o desenvolvimento de um projeto de pesquisa nas terras indígenas de

Roraima. Eu sabia que seria inviável continuar com a ideia da pesquisa, e também não havia como voltar à Roraima para cursar as disciplinas do doutorado e obter os créditos necessários. Por vários meses eu interrompi as atividades do curso e mantive apenas a matrícula institucional. Achei que jamais seria concluído. A prioridade naquele momento era a restauração familiar, e passei a investir tempo e dedicação na reconstrução da minha família, na cura emocional da minha esposa e no acompanhamento dos meus filhos.

Ao mesmo tempo, ao contemplar as paisagens urbanas de Boa Vista e Fortaleza, foi possível notar um cenário semelhante: pontos irregulares de lixo, ruas tomadas por plásticos, garrafas e embalagens, que se perdiam entre os resíduos deixados pelas pessoas. A poluição junto aos córregos de água parecia ainda mais intensa. Observar essa realidade despertou meu interesse e me levou a investigar, ainda de forma empírica, o impacto dos resíduos sólidos urbanos no ambiente. Descobri como o acúmulo de resíduos afeta não só a natureza, mas também a saúde das pessoas e a economia das cidades. Comecei a ler sobre o assunto e cada artigo que eu lia despertava em mim uma nova consciência, e um desejo de entender mais sobre o gerenciamento desses resíduos.

Assim, surgiu a proposta de mudança de temática, que apresentei à minha orientadora. Ela concordou, e discutindo a ideia e o projeto, resolvemos ampliar o seu escopo da pesquisa, de modo a abranger uma análise comparativa das duas realidades – Boa Vista e Fortaleza. Com isso, o novo objeto de pesquisa e a trajetória metodológica estavam definidas. No entanto, a temática é extremamente complexa e o meu conhecimento até então era incipiente e limitado.

Um ponto de inflexão importante nesse momento foi a participação, em 2022, no evento “1º Ciclo de Palestras sobre Resíduos Sólidos” no Instituto Federal do Ceará – *campus* Fortaleza, organizado pelo professor Gemelle Oliveira Santos, pesquisador na área de Resíduos Sólidos e com vasta produção científica sobre o tema. A participação nesse evento foi fundamental porque me levou a conhecer diversos atores sociais que atuam na temática de resíduos sólidos no Ceará, bem como outros colegas pesquisadores da área.

A partir do evento, decidi me matricular como aluno especial no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (Pós DEHA/UFC) em 2023. O programa tem visão multidisciplinar e por meio dele me foi possibilitado estudar disciplinas específicas sobre o Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (MRSU). Essa vivência me permitiu cursar os créditos pendentes em disciplinas específicas sobre resíduos sólidos e solicitar posterior aproveitamento, além de possibilitar o aprendizado com professores e pesquisadores da área, realizar visitas

técnicas em locais que desenvolvem pesquisas aplicadas e conhecer novas tecnologias na área de resíduos sólidos.

Em 2023, o projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa e pelos órgãos responsáveis pela gestão de resíduos sólidos em ambos os municípios. Esse processo enfrentou resistência durante alguns meses, com várias solicitações e esclarecimentos sobre a pesquisa nas duas capitais, até que finalmente obtivemos as cartas de anuência, permitindo assim o início da coleta de dados nas duas capitais. Por fim, no primeiro semestre de 2024, foi possível concluir a redação dos resultados e submeter três artigos para publicação em revistas científicas.

Por fim, a justificativa científica deste estudo comparativo é fundamentado pelas razões descritas adiante:

- A crescente produção de resíduos sólidos, exacerbada pelo aumento populacional, urbanização, consumismo e obsolescência programada, exige a implementação de soluções eficazes para seu adequado gerenciamento.
- A introdução de marcos legais importantes, como a PNRS (BRASIL, 2010), o novo marco legal do saneamento básico em 2020 (BRASIL, 2020) e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2022) criaram oportunidades para uma maior robustez normativa e operacional na organização dos serviços de MRSU que merecem ser investigados.
- Necessidade de uma gestão integrada dos resíduos com base no princípio da responsabilidade compartilhada, que envolve a incorporação da variável ambiental e múltiplos atores sociais nas decisões públicas para enfrentamento dos desafios relacionados aos RSU.
- A limitação de recursos financeiros e tecnológicos, que representa um obstáculo significativo para a gestão adequada dos RSU, notadamente nas regiões norte e nordeste, cujos indicadores apontam para um desenvolvimento menos avançado em comparação com outras regiões do país.
- A projeção de iniciativas inovadoras de MRSU em duas capitais de portes diferentes: Boa Vista, Roraima e Fortaleza, Ceará, a despeito das disparidades regionais, bem como desafios regionais que merecem destaque e aprofundamento, na busca incessante por melhorias.
- A existência de poucos estudos dedicados a analisar de forma comparativa o MRSU em diferentes contextos urbanos brasileiros.
- A contribuição fornecida pela combinação de múltiplos métodos para o Programa de Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima – UFRR e para o desenvolvimento de metodologias e abordagens comparativas em estudos da área de Ciências Ambientais.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral e específicos deste estudo estão descritos a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar comparativamente o Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos dos municípios de Boa Vista e Fortaleza no período de 2010 a 2024.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (PMGIRS) nos municípios de Boa Vista e Fortaleza;
- Analisar, comparativamente, os locais de destinação final de Resíduos Sólidos nos municípios de Boa Vista e Fortaleza;
- Descrever uma série histórica de indicadores de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos nos municípios de Boa Vista e Fortaleza, com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento no período de 2010 e 2022.

1.3 MATERIAL E MÉTODOS

No tocante aos métodos, recorreu-se à base teórica do método comparativo, uma ferramenta que, quando utilizada, pode contribuir para o avanço do conhecimento científico e com potencialidades para elucidar relações complexas entre variáveis. Suas origens remontam a John Stuart Mill (1885), em sua obra "*System of Logic*", que sistematizou princípios lógicos do método comparativo. O método comparativo tem se mostrado uma ferramenta essencial por permitir aos pesquisadores elaborar explicações mais robustas e generalizáveis a partir da análise de múltiplos casos (MILL, 1865).

Guy Swanson enfatiza que “pensar sem comparar é impensável”, ressaltando a centralidade da comparação na pesquisa e no pensamento científico (SWANSON, 1971). Para Arend Lijphart, é uma técnica de pesquisa que busca estabelecer relações empíricas entre variáveis, especialmente em estudos que envolvem poucos casos, buscando a profundidade da análise por meio da comparação entre fenômenos (LIJPHART, 1971). Para Perissinotto (2013)

estudos comparativos de poucos casos, quando bem elaborados, podem iluminar questões complexas ao permitir uma análise detalhada das variáveis envolvidas.

É importante destacar que a pesquisa foi conduzida em estrita conformidade com os princípios éticos estabelecidos pelo Comitê de Ética em Pesquisa. Todo o processo de investigação respeitou rigorosamente as normas e diretrizes éticas, incluindo a obtenção de autorização das duas administrações municipais e o parecer favorável do Comitê de Ética, garantindo a proteção dos direitos dos participantes e a integridade da pesquisa.

Tendo como base os princípios do método comparativo, cada capítulo desenvolveu abordagens metodológicas distintas, adaptadas às particularidades dos temas abordados. Essa diversidade de métodos permitiu uma análise mais aprofundada, oferecendo uma visão abrangente das questões em discussão.

No capítulo 2 desta tese, realizou-se uma análise documental comparativa dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (PMGIRS) nos municípios de Boa Vista e Fortaleza, além de outros documentos de interesse do estudo, visando compreender os mecanismos gerenciais estabelecidos nas duas realidades. Essa abordagem foi essencial para a avaliação das políticas, programas e práticas de gestão de resíduos em contextos distintos, o que permitiu identificar diferenças e semelhanças entre as abordagens adotadas e se essas políticas demonstraram um compromisso com a sustentabilidade dos resíduos sólidos e a melhoria da qualidade de vida, alinhando-se às melhores práticas nacionais e internacionais em gestão de resíduos.

No capítulo 3, procedeu-se a uma análise comparativa especificamente entre os aterros sanitários, locais de destinação final de resíduos sólidos dos dois municípios aqui envolvidos, com enfoque na averiguação do atendimento às normas técnicas e recomendações legais vigentes. Os registros fotográficos proporcionaram uma abordagem visual, que complementou outras técnicas de análise de dados e permitiu uma compreensão mais abrangente e detalhada dos resultados da pesquisa.

No capítulo 4, realizou-se um estudo de série histórica de dados e indicadores sobre o Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (MRSU) nos municípios de Boa Vista e Fortaleza. Os resultados da análise forneceram informações importantes para a compreensão dos desafios e oportunidades, destacando tanto o êxito quanto as áreas que necessitam de melhorias, com vistas ao aprimoramento dos processos e alcance de melhores resultados no âmbito da sustentabilidade ambiental e da qualidade de vida nas cidades.

Ao final, a conclusão da tese, na qual se buscou sintetizar os principais achados e reflexões resultantes da pesquisa. Os achados preencheram uma lacuna no conhecimento

existente, colaborando para uma compreensão mais aprofundada, capaz de contribuir para a construção de um modelo de gestão de resíduos sólidos mais eficaz e adaptável às necessidades específicas de duas capitais brasileiras e, por extensão, às outras áreas urbanas do país.

Os dados analisados foram referentes à geração, coleta (convencional e seletiva), destinação e disposição final dos RSU, junto às bases mais atualizadas disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Os dados mais atualizados do SNIS no ano de 2024 eram referentes ao ano-base 2022. As devidas comparações, referências e a compatibilização de bases de dados serão descritas ao longo dos três capítulos desta tese.

Os resultados desta pesquisa contribuirão para subsidiar o desenvolvimento de estratégias e programas voltados à promoção de políticas de manejo de resíduos sólidos e também para auxiliar na capacitação e educação ambiental de gestores públicos, profissionais da área e acadêmicos de instituições de ensino.

Pode-se, por fim, vislumbrar a possibilidade de o conhecimento produzido fortalecer parcerias entre instituições acadêmicas, governamentais e sociedade civil, a exemplo do que já acontece nas produções interinstitucionais entre pesquisadores de Roraima e do Ceará. Essa colaboração é fundamental para promover a troca de saberes e experiências, impulsionando o desenvolvimento de soluções inovadoras e eficazes para os desafios ambientais urbanos.

Esta tese resultou na publicação, até o momento, de 3 artigos em revistas científicas, sendo duas publicações na Revista Caderno Pedagógico¹² (Qualis Capes A2 na área de Ciências Ambientais) e uma publicação na Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociales³ (Qualis Capes A4 na área de Ciências Ambientais).

1.4 CARACTERIZAÇÃO DAS CIDADES ANALISADAS

Esta seção aborda as características geográficas, socioeconômicas e urbanísticas das cidades aqui analisadas, destacando as especificidades de cada uma no contexto brasileiro. A partir da análise dessas duas capitais, abordou-se as principais características físicas, como

¹ BEZERRA, E. A. *et al.* Sustentabilidade financeira do manejo de resíduos sólidos urbanos: contexto brasileiro e análise de duas capitais das regiões norte e nordeste. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 21, n. 9, p. e8105, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n9-240.

² BEZERRA, E. A. *et al.* Análise comparativa dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos de duas capitais brasileiras. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 21, n. 9, p. e8304, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n9-309.

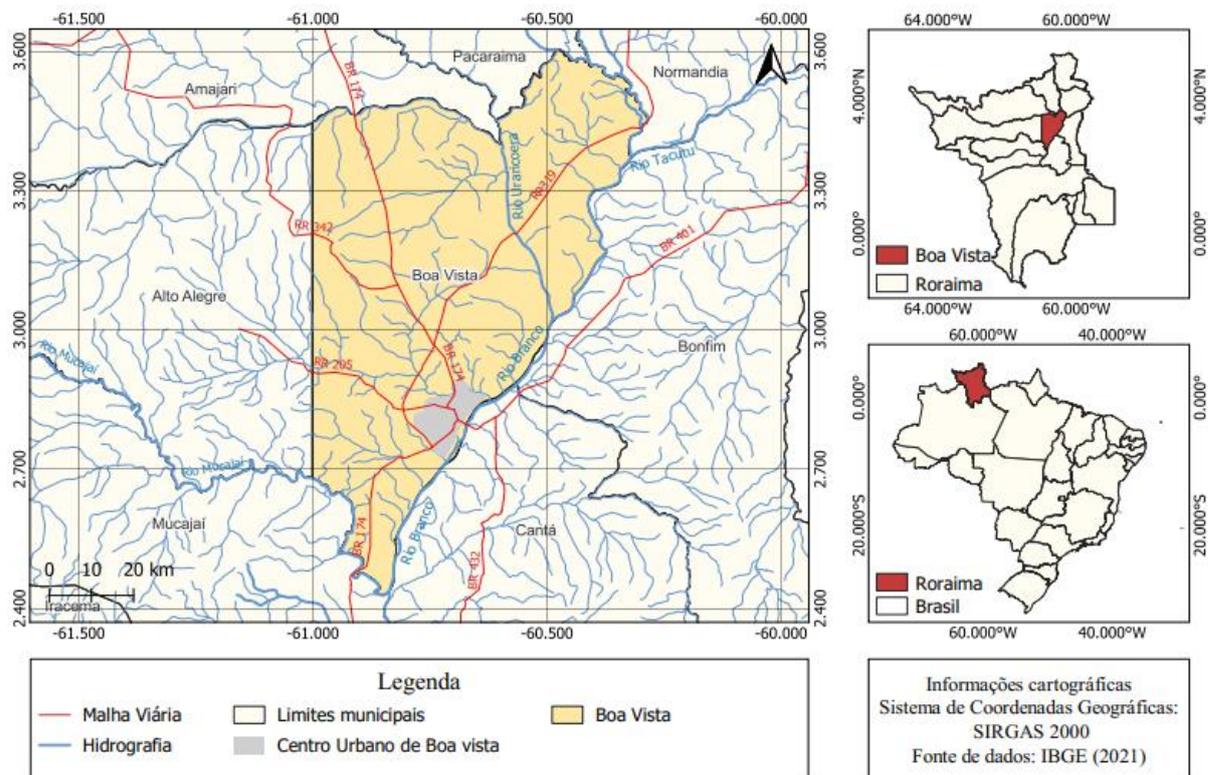
³ BEZERRA, E. A. *et al.* O. Análise comparativa dos Aterros Sanitários de duas capitais brasileiras do Norte-Nordeste: Boa vista, Roraima e Fortaleza, Ceará. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, [S. l.], v. 17, n. 8, p. e10061, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.8-556.

relevo, clima e hidrografia, além de alguns desafios enfrentados por ambas que podem ter implicações na gestão de resíduos sólidos.

1.4.1 Boa Vista

A localização de Boa Vista está descrita na Figura 1. A área que compreende a cidade localizada dentro do estado de Roraima, que deixou de ser território federal e passou à condição de estado apenas em 1988 com a Constituição Federal, quando, efetivamente alcançou a autonomia político-administrativa. O histórico da cidade de Boa Vista envolve crescimento desordenado, ocupações irregulares, descumprimento de orientações para as políticas públicas e ausência de planejamento, exigindo ações de melhoria de infraestrutura e planejamento urbano, notadamente no tocante aos resíduos sólidos urbanos (SCACABAROSS; PÉRICO, 2018).

Figura 1 - Localização do município de Boa Vista, capital de Roraima.



FONTE: Autoria própria.

Boa Vista é a capital brasileira mais setentrional do Brasil. Inserida na Amazônia Legal, possui uma área territorial de 5.687,037 km², população estimada em 436.591 pessoas, densidade demográfica de 49,99 hab/km² e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,752 (IBGE, 2022).

As coordenadas geográficas para o Município perfazem 2° 49' 12" N 60° 40' 19" O, tendo como limites a norte, os municípios de Amajari, Pacaraima e Normandia; ao sul com os municípios de Mucajaí e Alto Alegre; ao leste com os municípios de Cantá e Bonfim e a oeste com o município de Alto Alegre (BOA VISTA, 2017).

Boa Vista abrange as maiores extensões de savana da Amazônia, dada a característica regional de áreas úmidas e baixas, com cinco ou seis meses secos. Essas savanas são marcadas pelos extremos de seca e inundação (GUARDIOLA *et al.*, 2017; OLIVEIRA; COSTA, 2018).

Já o clima de Boa Vista é regional é do tipo superúmido e mesotérmico, de acordo com a classificação de Thornthwaite. Segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw, tropical com chuvas de verão e temperaturas médias anuais de aproximadamente 26 °C (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; STAEVIE, 2011).

Boa Vista está inserida na unidade morfoestrutural do Pediplano Rio Branco - Rio Negro, caracterizada como uma extensa superfície de aplanamento com baixas altitudes que variam de 80 a 160 metros. Possui relevo 90% plano e 10% de terras com pequena inclinação.

A baixa altitude de Boa Vista faz com que sejam muito mais frequentes fenômenos retentivos e estagnantes ocasionados pelas cheias do que fenômenos de enxurradas e deslizamentos. A hidrografia é composta pelos principais rios: Branco, Tacutu, Uraricoera, Amajari e Cauamé (ARAÚJO JÚNIOR; TAVARES JÚNIOR, 2018; BOA VISTA, 2014).

Boa Vista está localizada em uma região geologicamente diversa, com rochas de diferentes tipos, como magmáticas, sedimentares e metamórficas. A formação geológica mais antiga da área é o Maciço das Guianas, que data do período pré-cambriano, onde é possível encontrar minerais preciosos, como diamante e ouro, o que torna a área geologicamente rica e importante para a exploração mineral (BOA VISTA, 2017).

Sobre o relevo de Boa Vista, desenvolveram-se solos pobres e bem drenados de textura média, com predominância dos latossolos (principalmente latossolo amarelo, mais presente nos lavrados; e nas regiões mais altas varia entre latossolo amarelo e vermelho) e ocorrência de argissolos. São solos de baixa fertilidade natural e com problemas de natureza física. Neles, porém, verifica-se certa expansão de produção de grãos, como soja e milho, fruticultura e cultivos de Acácia (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; GUARDIOLA *et al.*, 2017).

Com população estimada em 436.591 pessoas, Boa Vista apresenta uma taxa de crescimento populacional moderada, refletindo um aumento contínuo da população devido, entre outros fatores, à migração interna e externa, especialmente vindos de outros estados e países vizinhos, como a Venezuela. A imigração de venezuelanos tem sido um fenômeno marcante nos últimos anos, impactando diretamente na composição demográfica da cidade. A

cidade possui uma diversidade étnica, com predominância de pessoas de origem indígena, negra e parda, além de uma crescente população de imigrantes (IBGE, 2022).

Boa Vista possui um Produto Interno Bruto - PIB *per capita* de 26.482,05. A capital detém 74,2% da participação no PIB estadual, concentrando 86% da indústria, 74,9% dos serviços e 8% da agropecuária, setor em que tem destaque a produção da soja, o cultivo da banana, o crescimento do rebanho bovino e a pesca e aquicultura. No setor industrial, o destaque é para a construção civil; no setor de serviços, a administração pública, os serviços domésticos, os de transporte e armazenagem e de atividades imobiliárias (SEPLAN, 2016).

Outras culturas de importância são a soja, o milho, produtos agroflorestais e as oleaginosas. A piscicultura também apresenta um potencial promissor, favorecido pelo potencial hídrico da cidade. No setor de serviços, o Boa Vista apresenta expressão em gastronomia, franquias, automotivos, hotelaria e serviços relacionados a saúde (BOA VISTA, 2017).

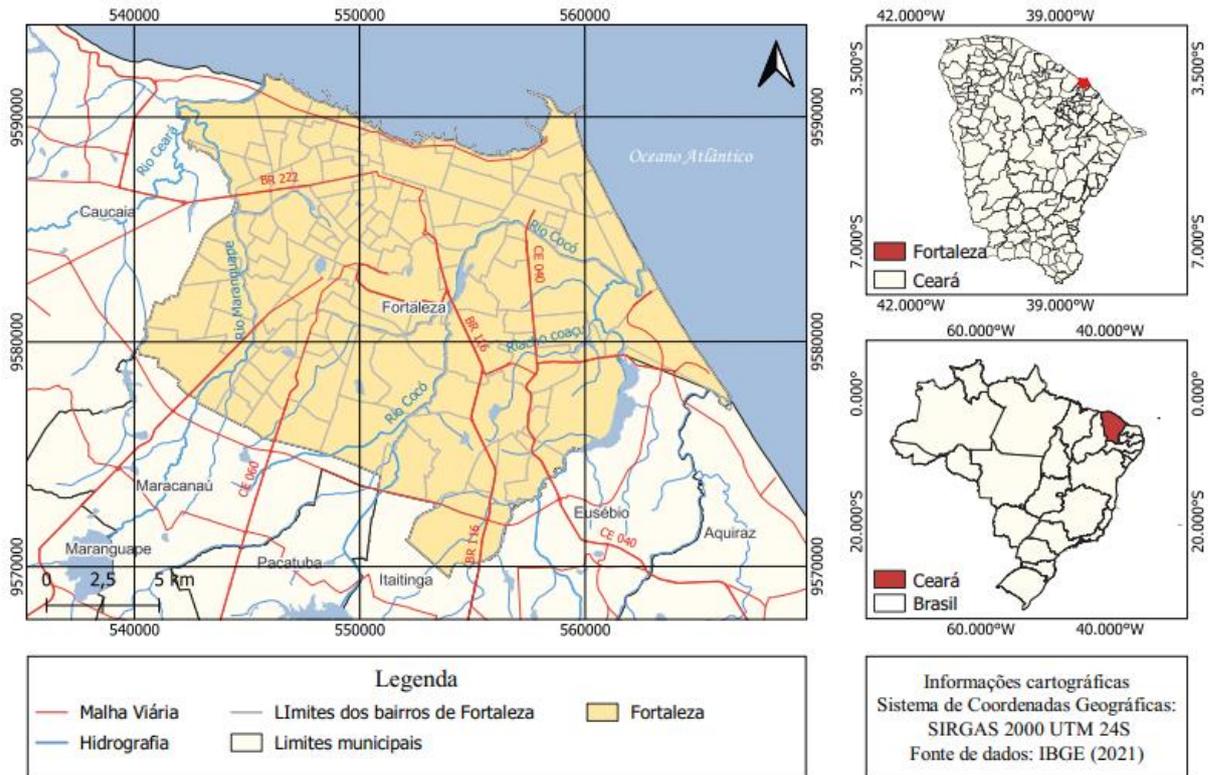
Desde a década de 1940 até a atualidade, a cidade de Boa Vista evidencia distorção no uso do espaço urbano gerado pelas mudanças na distribuição populacional, por deficiências de moradias e degradação ambiental, fatores sentidos de forma mais evidente pela população da zona oeste, periférica e marginalizada, em relação à zona leste, definida como área nobre (VERAS, 2009; OLIVEIRA; COSTA, 2018).

Nos últimos 40 anos, Boa Vista passou por intenso processo de expansão urbana, uma vez que na década de 1980 o município contava com apenas 67.017 habitantes, chegando a uma população estimada em 436.591 habitantes em 2022, dos quais 76,5% da população vive nas áreas urbanas (ARAÚJO JÚNIOR; TAVARES JÚNIOR, 2017; IBGE, 2022).

1.4.2 Fortaleza

Trata-se da capital do Estado do Ceará, região Nordeste do Brasil, conforme o mapa na Figura 2. É uma das metrópoles brasileiras, inserida na Região Metropolitana (RMF) – também conhecida como Grande Fortaleza – composta pelos municípios: Caucaia, Maranguape, Pacatuba, Aquiraz, Maracanaú, Eusébio, Itaitinga, Guaiuba, Chorozinho, Pacajus, Horizonte, São Gonçalo do Amarante, Pindoretama e Cascavel (FORTALEZA, 2016). A prefeitura municipal de Fortaleza possui quinze secretarias municipais, está dividida em doze regionais, formadas por trinta e nove territórios administrativos (FUNDAÇÃO DEMÓCRITO ROCHA, 2021).

Figura 2 - Localização do município de Fortaleza - Ceará



FONTE: Autoria própria (2022)

A cidade possui uma área de 312,4 km² e população estimada em 2.686.612 habitantes, é o município mais populoso do Ceará e o quinto município mais populoso do Brasil. Sua densidade demográfica é de 7.786,44 hab/km², enquanto o estado do Ceará possui apenas 56,76 hab/km², estando clara uma maior pressão antrópica na capital cearense (FERNANDES *et al.*, 2021). O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,754 (IBGE, 2022).

Os limites de Fortaleza são, ao norte, o oceano Atlântico e o Município de Caucaia; ao sul, os municípios de Maracanaú, Pacatuba, Itaitinga e Eusébio; ao leste, o oceano Atlântico e os municípios de Eusébio e Aquiraz; e ao oeste, os municípios de Maracanaú e Caucaia (ALEXANDRE, 2021).

A cidade de Fortaleza possui uma altitude de 16 m, latitude de 3° 43' 02'' e longitude de 38° 32' 35''. Seu clima é tropical quente subúmido, com chuvas de janeiro a maio. Seu relevo é do tipo planície litorânea, sertões e tabuleiros costeiros. Sua vegetação contempla o cerrado, o complexo vegetacional da zona litorânea e a floresta perenifólia paludosa marítima. Sua precipitação pluviométrica média em 2020 foi de 1.970,6 mm. Seu Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) possui valor de 65,50, sendo o mais alto do Ceará. Seu índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é 0,754, primeiro no Ceará e 467º no Brasil (FUNDAÇÃO DEMÓCRITO ROCHA, 2021).

O PIB de Fortaleza é de R\$ 67.024.088.000, tendo como áreas principais a agropecuária, que contribui com R\$ 65.987.000 para o PIB. (FUNDAÇÃO DEMÓCRITO ROCHA, 2021). É na capital Fortaleza que estão atividades econômicas, uma vez que detém 44% do PIB cearense. O PIB per capita em 2019 foi de 25.254,44 (FERNANDES *et al.*, 2021).

Apesar disso, Fortaleza lida com problemas crônicos tais como desigualdade na distribuição espacial de oportunidades, destruição base ambiental natural, más condições sanitárias, dificuldades de mobilidade e o aumento da taxa de homicídios, juntamente com seus impactos negativos, são questões que comprometem a qualidade de vida e a segurança nas áreas urbanas (FORTALEZA, 2016).

Em suma, a análise das cidades de Boa Vista e Fortaleza revela desafios significativos relacionados ao crescimento urbano, à gestão de recursos naturais e à infraestrutura, os quais impactam diretamente a qualidade de vida de suas populações. Enquanto Boa Vista enfrenta questões decorrentes de expansão desordenada e falta de planejamento, Fortaleza lida com problemas estruturais como desigualdade social, degradação ambiental e dificuldades de mobilidade. Para ambos os casos, a implementação de políticas públicas eficientes de manejo de resíduos sólidos, aliada ao planejamento urbano sustentável, é fundamental para mitigar os impactos ambientais e melhorar a qualidade de vida das populações.

2 ANÁLISE COMPARATIVA DOS PLANOS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DAS CIDADES DE BOA VISTA E FORTALEZA: DO PLANEJAMENTO À IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS SOCIOAMBIENTAIS

Este capítulo dedicou-se à análise comparativa dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (PMGIRS) de Boa Vista e Fortaleza, com foco nas práticas adotadas para enfrentar os desafios da gestão de resíduos nas duas cidades. A crescente geração de resíduos sólidos urbanos, decorrente da urbanização e do aumento populacional, exige soluções que vão além do simples manejo de lixo, englobando aspectos socioambientais e a busca por alternativas mais sustentáveis.

As diferenças regionais e contextuais entre as duas capitais oferecem um cenário relevante para a análise, especialmente quando se observa que, apesar das peculiaridades locais, ambas enfrentam dificuldades similares em relação à implementação e eficácia das políticas públicas de gestão de resíduos. Essa realidade destaca a necessidade de uma reflexão crítica sobre o planejamento e a execução das medidas previstas nos planos, bem como sobre as possíveis lacunas no cumprimento das metas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A partir dessa análise, buscou-se compreender como as características socioeconômicas, ambientais e políticas de cada cidade influenciam a elaboração e execução de suas estratégias de gestão de resíduos, além de investigar o impacto das ações implementadas na melhoria das condições ambientais e na qualidade de vida das populações urbanas.

2.1 INTRODUÇÃO

Os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (PMGIRS) são instrumentos essenciais para a gestão eficaz dos resíduos sólidos nos municípios brasileiros. Criados a partir da PNRS (BRASIL, 2010), esses planos têm como objetivo promover uma abordagem integrada e sustentável na gestão de resíduos, incluindo ações voltadas para a redução, reutilização, reciclagem e disposição final adequada.

A elaboração de um PMGIRS começa com um diagnóstico detalhado da situação atual da gestão de resíduos no município, no qual são identificadas as principais fontes geradoras, o volume de resíduos produzido e as medidas já existentes e operacionalizadas. Com base nessa análise, são estabelecidas metas claras e objetivas, que direcionam as ações e estratégias a serem implementadas. Por fim, são criados mecanismos de monitoramento e avaliação, permitindo acompanhar o progresso das ações e a realização de ajustes quando necessário.

A geração de RSU em áreas urbanas aumentou dramaticamente nos últimos anos como resultado do aumento da população, da urbanização e das modificações do estilo de vida. De acordo com dados da ONU, prevê-se que a geração de resíduos sólidos municipais cresça de 2,3 bilhões de toneladas em 2023 para 3,8 bilhões de toneladas em 2050 (PNUMA, 2024).

Para uma gestão eficaz dos resíduos, novas estratégias são necessárias para desenvolver modelos urbanos variados e flexíveis, visto que a poluição proveniente de resíduos está associada a uma série de efeitos adversos para a saúde e para o ambiente, muitos dos quais durarão por gerações (TESHOME; AYELE; ABIB, 2022).

Por outro lado, o manejo inadequado dos RSU resulta em impactos ambientais negativos decorrentes da contaminação ambiental, tais como: poluição do ar, solo e água, problemas de saúde, doenças de veiculação hídrica e por vetores (verminoses, ratos, baratas), assoreamento de recursos hídricos, poluição visual e odores ruins (FERRÃO; RIBAS MORAES, 2021).

Em escala global, as alternativas de gestão de resíduos sólidos encontram escopo importante na Economia Circular (EC), modelo que surge em contraposição ao atual sistema econômico linear de extração-produção-uso-despejo de material, propondo um fluxo alternativo, cíclico, que busca reduzir custos de matéria-prima e energia de forma sustentável (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018).

O uso circular e eficiente dos recursos naturais enfrenta desafios decorrentes das práticas atuais de produção e consumo, resultando na deterioração do ambiente. A busca de soluções eficazes para lidar com o problema tornou-se uma prioridade para os governos a nível global, que buscam por sistemas de gestão sustentáveis, baseados na definição de metas nacionais para a recuperação de recursos e aumento das taxas de reciclagem e recuperação (LIMA; SILVA; SOBRAL, 2022) (ZORPAS *et al.*, 2015).

No âmbito nacional, a PNRS, estabelecida pela Lei nº. 12.305 de 2010, é considerada um dos marcos legais em toda a dinâmica processual dos resíduos sólidos e, em especial, dos resíduos sólidos urbanos, uma vez que adotou práticas sustentáveis em seus princípios e objetivos (RABBANI *et al.*, 2021).

A PNRS tem como objetivos, dentre outros, “a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”, contemplando, desta forma, toda a cadeia que envolve a Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos - GRSU (BRASIL, 2010, p. 3).

Mais recentemente, no ano de 2022, foi publicado o Plano Nacional de Resíduos Sólidos - PLANARES, que veio a regulamentar a PNRS doze anos depois. O documento

determina o encerramento dos lixões até 2024, e que metade de todos os resíduos produzidos no Brasil deverá ser reaproveitado/reciclado de alguma forma, até o ano de 2040 (MMA, 2022).

Em relação às realidades aqui estudadas, a região amazônica tem destaque mundial por suas riquezas naturais, concentra a maior biodiversidade do planeta e um quinto de toda a reserva de água potável do mundo, porém carece de políticas de preservação ambiental, necessitando de maior atenção em aspectos relacionados à disposição dos RSU, que constituem um desafio ainda maior, em virtude do risco de contaminação dos corpos hídricos, do solo e adoecimento das pessoas, pondo em perigo não somente a saúde da população nativa, mas podendo ainda acarretar inúmeros prejuízos ambientais irreparáveis (AGUIAR *et al.*, 2021).

Não menos importante, a região nordeste é particularmente sensível às questões dos resíduos, dada a sua grande faixa litorânea e intensa ramificação hídrica, visto que 80% dos resíduos sólidos lançados nos oceanos são oriundos de atividades desenvolvidas no continente, seja no litoral, seja nos rios que irão desaguar no mar. Estima-se que o Brasil lance, anualmente, 2 milhões de toneladas de resíduos sólidos no mar (ABRELPE, 2021).

Dada a sua complexidade Lahmann *et al.* (2021) reiteram que a temática sobre resíduos sólidos deve ser encarada como uma questão de interesse público, com múltiplas faces, que envolve aspectos técnico-operacionais, políticos, institucionais, econômicos, ambientais e sociais.

Assim, partimos do pressuposto de que as duas capitais eleitas para comparação nesse estudo - Boa Vista, na região Norte; e Fortaleza, na região Nordeste – ainda que com situações e características distintas, passam por dificuldades no tocante às exigências que devem ser executadas pelos governos locais, seja pela má gestão, pela falta de capacitação de muitos dos gestores ou pela escassez de recursos financeiros. Partimos também da premissa de que, embora seja perceptível algum avanço na gestão de resíduos sólidos no país, particularmente nas regiões metropolitanas, os municípios apresentam ainda sérias deficiências.

Melhorias requerem tempo, investimento e investigação científica para alcançar resultados positivos em relação à gestão dos RSU. Assim, definimos o problema de enfrentamento desta tese como sendo uma proposta de investigação de como as duas capitais brasileiras estudadas estão organizadas no tocante aos seus planos de gerenciamentos de resíduos sólidos para administrar o incremento na geração RSU devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento urbano, o que implica na exigência de estratégias mais eficazes e sustentáveis.

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será discutido as bases do método comparativo, desde suas origens, bem como conceitos básicos de gestão, gerenciamento e manejo de resíduos sólidos.

2.2.1 O Método Comparativo

Embora a necessidade de comparar possa ser identificada ao longo de toda a história da humanidade, a sua prática de uma forma metodologicamente estruturada é reconhecida a partir dos estudos de Stuart Mill, Durkheim e Weber, além de outros autores contemporâneos.

Na obra *System of Logic*, publicada em 1865, John Stuart Mill sistematizou os princípios lógicos do método comparativo como "operações mentais" fundamentais para a investigação científica. No Livro III, Mill delineou cinco procedimentos comparativos, cada um apresentando características, limites e potencialidades singulares: o método da semelhança (*agreement method*), que busca identificar fatores comuns em casos semelhantes; o método da diferença (*method of difference*), que analisa as divergências entre casos para determinar causas; o método indireto da diferença (*indirect method of difference*), que considera variações não observáveis; o método dos resíduos (*methods of residues*), que permite isolar e analisar fatores remanescentes após a consideração de outros; e o método das variações concomitantes (*method of concomitant variations*), que explora a relação entre a variação de uma causa e a variação de seu efeito. Cada um desses métodos contribui de maneira distinta para a elucidação de relações causais, ampliando o entendimento sobre fenômenos complexos (MILL, 1865).

Durkheim argumenta que o método comparativo atua como uma ponte entre a complexidade dos fenômenos sociais e a busca por explicações que possam ser aplicadas a diferentes contextos. Para ele a identificação de causas sociais é um aspecto fundamental da pesquisa, uma vez que essas causas são constantes e fazem parte dos fatos sociais. A abordagem permite descobrir se uma causa é comum a diferentes fenômenos, o que ajuda a formular leis explicativas. Durkheim também reconhece que, devido à complexidade dos objetos sociais, não se pode garantir certeza absoluta nas análises. Por isso, a comparação é essencial para identificar relações causais. Ele destaca que, ao comparar fenômenos, é preciso ir além de uma observação superficial, buscando padrões e leis que ajudem a explicar as variações entre eles (DURKHEIM, 1978).

No contexto da metodologia sociológica de Max Weber, a comparação desempenha uma função secundária, mas ainda assim importante. Ao contrário de Durkheim, Weber não vê

o método comparativo como um instrumento para abstrações, mas sim como uma forma de exercício racional. A comparação é aplicada para entender fenômenos sociais em diferentes contextos socioculturais, permitindo a identificação de padrões invariantes e a seleção de condições suficientes para a explicação de fenômenos específicos (KALBERG, 1994).

Na visão de Arend Lijphart (1971), o método comparativo é uma técnica de pesquisa que busca estabelecer relações empíricas entre variáveis, especialmente em estudos que envolvem poucos casos. Em contraste com abordagens quantitativas, que frequentemente dependem de grandes amostras e análises estatísticas, o método comparativo é qualitativo e busca a profundidade da análise através da comparação entre fenômenos (LIJPHART, 1971).

De acordo com Sartori (1993), o método comparativo não deve ser visto como uma abordagem redundante no arsenal da pesquisa científica. Em vez disso, ele é fundamental para a construção de teorias e proposições empíricas, fornecendo uma base sólida para generalizações teóricas (SARTORI, 1991).

Um dos principais benefícios do método comparativo é a capacidade de gerar evidências mais robustas, permitindo ao pesquisador explorar a complexidade dos fenômenos em questão. Segundo Yin, estudos de múltiplos casos podem oferecer uma base mais sólida para inferências teóricas, já que a comparação de similaridades e diferenças entre os casos enriquece a análise (YIN, 2015).

A aplicação do método comparativo é especialmente relevante em áreas como ciência política, em que a análise de sistemas de governança e políticas públicas podem revelar percepções valiosas. Estudos comparativos de poucos casos, quando bem elaborados, podem iluminar questões complexas ao permitir uma análise detalhada das variáveis envolvidas (PERISSINOTTO, 2013).

Já na área ambiental, Oppermann (2012) utilizou o método de análise comparativa para investigar sistemas de Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), por meio de um estudo qualitativo que examina as relações, semelhanças e diferenças entre esses sistemas. Essa abordagem ilustra como o método comparativo pode ser empregado para compreender diferentes contextos políticos e institucionais.

Ainda assim, muitos críticos argumentam que o desenho de pesquisa baseado em poucos casos e muitas variáveis pode inviabilizar a formulação de inferências causais seguras. Isso é particularmente relevante em estudos em que a variabilidade entre casos é alta, dificultando a identificação de relações causais claras. A possibilidade de viés na seleção de casos é outra preocupação levantada por críticos do método comparativo. Mill reconheceu essa limitação, apontando que uma amostra enviesada pode comprometer a validade das conclusões

tiradas a partir da comparação. Portanto, a escolha cuidadosa dos casos é fundamental para a integridade do estudo (PERISSINOTTO, 2013).

Sartori e outros autores também alertam para o risco de interpretações errôneas de correlações significativas na ausência de uma teoria que contextualize os dados. Isso destaca a necessidade de uma compreensão aprofundada do fenômeno em estudo para evitar conclusões precipitadas ou fictícias (SARTORI, 1991).

Embora apresente interpretações diversas, o aspecto mais distintivo do método comparativo reside em sua aplicação, que se classifica entre pesquisas quantitativas e qualitativas. Enquanto os estudos quantitativos buscam seguir rigorosamente um planejamento, caracterizando-se por hipóteses claramente definidas e variáveis operacionalmente mensuráveis, a pesquisa qualitativa tende a assumir uma trajetória flexível ao longo de seu desenvolvimento. Esta última não tem como objetivo a mensuração de fenômenos, mas sim a obtenção de dados descritivos por meio da interação entre o pesquisador e o fenômeno ou objeto de estudo (NEVES, 1996; RAGIN, 1989).

2.2.2 Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Nesta seção serão discutidos conceitos básicos de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, objeto de estudo principal deste trabalho. Resíduos sólidos são definidos, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ANBT, 2004).

O conceito de resíduos sólidos indica algo que resulta das atividades humanas, mas que ainda podem ter alguma utilidade, e, portanto, deve-se buscar soluções segundo as tecnologias disponíveis (BRASIL, 2021).

Já a Gestão de Resíduos Sólidos foi se desenvolvendo durante a década de 1990 e é um conceito mais amplo, engloba práticas de planejamento e operação de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos sob as perspectivas social, técnica e operacional

(SABEDOT; PEREIRA NETO, 2017). A PNRS considera gestão de resíduos sólidos como o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, e expande as dimensões anteriormente citadas: política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social, sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

Ainda na referida lei, há o conceito de gerenciamento de resíduos sólidos, compreendido como

o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Observar-se que a PNRS estabelece uma clara distinção entre gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. A gestão de resíduos sólidos refere-se ao conjunto de ações e estratégias que visam à implementação de políticas, normas e diretrizes para a minimização, manejo e disposição adequada dos resíduos, envolvendo diferentes atores sociais, como governos, empresas e a população. Já o gerenciamento de resíduos sólidos refere-se ao planejamento e execução das atividades específicas relacionadas à coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos. Enquanto a gestão abrange uma visão mais ampla e integrada do ciclo dos resíduos, o gerenciamento foca nas operações práticas que garantem a eficácia e a sustentabilidade dessas ações. Essa diferenciação é fundamental para promover uma abordagem mais eficaz e consciente na administração dos resíduos.

A Política de resíduos brasileira realiza também a diferenciação entre resíduos sólidos e rejeitos. O primeiro trata-se de materiais, substâncias ou objetos resultantes de atividades humanas, cujas particularidades inviabilizam seu lançamento nas redes de esgoto ou corpos hídricos, necessitando de soluções técnicas disponíveis. Já os rejeitos são definidos como resíduos sólidos que tem como única possibilidade viável a disposição final adequada, uma vez que não há tratamento economicamente disponível para o mesmo, devendo ser descartados em aterros sanitários que atendam normas específicas, de forma a minimizar os danos ambientais e reduzir riscos à saúde pública (BRASIL, 2010).

No Brasil, a administração do manejo de resíduos e limpeza urbana é responsabilidade das prefeituras, podendo optar pelo gerenciamento direto, ou por meio de uma empresa específica de limpeza urbana.

Enquanto documento, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) descreve as ações de manejo de resíduos sólidos, incluindo: geração, segregação prévia,

acondicionamento, transporte interno, armazenamento, coleta, transporte externo, tratamento, destinação final e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, com o mínimo de riscos para os seres humanos e para o ambiente (FORTALEZA, 2022b)

O planejamento é a etapa inicial da gestão municipal dos RSU. Para realiza-lo, faz-se necessário o conhecimento das características e da geração per capita de resíduos de cada localidade, bem como das particularidades por áreas, estratos sociais e levando em conta épocas secas e chuvosas, uma vez que são fatores que influenciam na logística de coleta e transporte (SILVA *et al.*, 2021).

Segundo Santiago e Dias (2012), a gestão de RSU é uma questão extremamente complexa, e que obrigatoriamente envolve diversas áreas de atuação e setores. No caso do serviço público devem participar as diversas secretarias municipais, como Meio Ambiente, Educação e Assistência Social. Assim, os indicadores ambientais tornam-se ferramentas poderosas que atestam, por meio de séries históricas, o grau de sustentabilidade do modelo vigente, permitindo a realização de planejamento e criação de estratégias.

2.3 OBJETIVO

Verificar os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (PMGIRS) nos municípios de Boa Vista e Fortaleza.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

Para tanto, a metodologia está baseada em uma perspectiva descritiva e exploratória, com levantamento de características conhecidas dos processos estudados, ao mesmo tempo que objetiva conhecer fatos e fenômenos relacionados ao tema.

Em relação à sua natureza, o presente capítulo é uma análise comparativa, com abordagem qualitativa das informações. Quanto aos procedimentos, realizou-se uma análise comparativa, pesquisa documental e bibliográfica. Procedeu-se ao levantamento bibliográfico acerca do método comparativo e da Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos, com a finalidade de conferir embasamento teórico ao trabalho.

Com base no modelo sugerido por Schneider e Schmitt (1998), a presente pesquisa envolveu as seguintes etapas:

- Seleção de duas ou mais séries de fenômenos efetivamente comparáveis: foram selecionados os documentos intitulados “Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos

Sólidos (PMGIRS) dos municípios de Boa Vista, Roraima (BOA VISTA, 2017) e Fortaleza, Ceará (ACFOR, 2012).

- Definição dos elementos a serem comparados: as unidades de análise utilizadas nesse estudo, com base nas informações a serem coletadas e nas fases do gerenciamento de resíduos sólidos, foram: Prevenção da geração e redução de RSU; Geração e composição de RSU; Coleta de RSU e Destinação final de RSU.

- Generalização: Produziu-se, inicialmente, nuvens de palavras, método que simplifica a análise dos vocábulos, ajudando a compreender de forma rápida a relevância de cada um desses elementos dentro do contexto do estudo (LARREA; VIANA; BRAGA, 2021). Posteriormente, foi realizada uma análise baseada na identificação das diferenças e semelhanças entre os dois documentos, e as comparações foram predominantemente conduzidas dessa maneira.

Paralelamente, foram realizadas visitas *in loco* e observação participante nos dois municípios estudados com o objetivo de identificar e compreender em profundidade os processos descritos nos PMGIRS e relacionados ao gerenciamento de resíduos sólidos, associadas à pesquisas bibliográficas em documentos técnicos, normativos e científicos que tenham relação e/ou sejam de interesse dos objetivos deste estudo.

Como modelo de referência da análise comparativa, elegemos os princípios da Economia Circular e as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB). A pesquisa foi aprovada Parecer consubstanciado do CEP nº 6.170.049.

2.5 RESULTADOS: ANÁLISE COMPARATIVA DOS PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE BOA VISTA E FORTALEZA

Nesta seção, ocorrerá a análise comparativa dos PMGIRS de Boa Vista e Fortaleza. A PNRS orienta a elaboração de planos de gestão que buscam a redução dos impactos ambientais e a promoção da sustentabilidade. No tocante ao município de Boa Vista, o Plano foi publicado pela empresa A2 Gestão Ambiental no ano de 2017 e tem sua execução fiscalizada pela Secretaria Municipal de Serviços Públicos (SMSP). O documento possui 222 páginas e está disponibilizado online. Já o PMGIRS de Fortaleza foi publicado em 2012 pela empresa Sanetal Engenharia e Consultoria e a fiscalização ocorre por meio da Secretaria Municipal da Conservação e Serviços Públicos (SCSP) e pela Autarquia de Regulação, Fiscalização e

dos municípios pelo gerenciamento dos resíduos sólidos, uma vez que se trata de uma responsabilidade primária dos governos locais. A incidência elevada deste termo nos planos ressalta a importância da gestão local e da necessidade de políticas adaptadas às realidades e necessidades de cada município.

A palavra “recicláveis” destaca a importância da economia circular, promovendo a recuperação e o reaproveitamento de materiais. A elevada incidência deste termo nos planos indica um compromisso com práticas sustentáveis que visam reduzir a extração de recursos naturais e a geração de resíduos. Cabe salientar que a palavra aparece com maior destaque no Plano de Fortaleza, o que evidencia uma maior responsabilização pelas atividades de reciclagem, sendo possível averiguar, na prática, diversas ações de reaproveitamento e recuperação, conforme será descrito adiante.

Vale ressaltar também o destaque para os valores e princípios que permeiam as atividades de gestão de RSU, tais como sustentabilidade e responsabilidade compartilhada entre os diversos atores envolvidos no processo, presentes na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

O Quadro 1 apresenta os principais pontos relevantes identificados por esse estudo, destacando sua inserção ou ausência nos PMGIRS, os quais serão descritos de forma pormenorizada na sequência, observando-se as unidades de análise desse estudo.

Quadro 1 – Pontos relevantes identificados na comparação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

Tópicos	PMGIRS Boa Vista	PMGIRS Fortaleza
Menção às estratégias de não geração e redução de resíduos (PNRS, Art. 7º)	-	+
Sugestão de medidas de educação ambiental (PNRS, Art. 8º)	+	+
Realização de composição gravimétrica no PMGIRS (PNRS, Art. 3º)	+	+
Descrição de variação da quantidade de resíduos entre os meses do ano	-	+
Descrição de variação da quantidade de resíduos entre regiões da cidade	-	+
Coleta atende todos os bairros da cidade (PNRS, Art. 3º)	+	+
Processos de coleta seletiva domiciliar	-	+
Estratégias de coleta seletiva após a coleta domiciliar (PNRS, Art. 3º)	-	+
Dados sobre coleta de RSU (PNRS, Art. 3º)	-	+
Gerenciamento dos “pontos de lixo”	-	+
A cidade possui Aterro Sanitário (PNRS, Art. 3º)	+	+
Aterro atende às exigências legais (NBR 13896/1997)	-	+

LEGENDA: (-) = não atende. (+) = atende.

FONTE: Autoria própria (2024)

A análise dos tópicos discutidos nos planos revela algumas lacunas importantes no PMGIRS de Boa Vista, como a não mencionar estratégias de não geração e redução de resíduos, ausência da descrição das variações na quantidade de resíduos ao longo do ano e entre regiões, além do não atendimento do aterro às exigências legais, o que representa um sério desafio para a implementação das diretrizes da PNRS. A ausência da inclusão e detalhamento desses elementos são essenciais para o sucesso da gestão integrada de resíduos sólidos, promovendo um ambiente mais sustentável e uma melhor qualidade de vida para a população.

2.5.1 Prevenção da Geração e Redução de RSU

Nesta seção de Não Geração e Redução de RSU, são discutidas estratégias fundamentais para minimizar a quantidade de resíduos sólidos produzidos. Em 2024, a ONU recomendou em seu documento “Global Waste Management Outlook 2024” que seja intensificada a prevenção da geração de resíduos no mundo (PNUMA, 2024). Isso envolve a implementação de medidas que objetivam a prevenção da geração de resíduos desde o início e a redução na fonte por meio de práticas de consumo consciente.

A prevenção da geração de resíduos é uma etapa fundamental para minimizar os efeitos da sua geração, resultando em economia de recursos, evitando a liberação de gases do efeito estufa (GEE) e propagação de doenças. A Diretiva 2018/851 da União Europeia dá especial atenção às ações de prevenção dos resíduos, destacando-se como melhor opção para otimizar a eficiência dos recursos e minimizar o impacto ambiental relacionado aos resíduos (UNIÃO EUROPEIA, 2018).

No caso do Brasil, a ordem de prioridade estabelecida na PNRS para gestão e gerenciamento de resíduos sólidos inicia com a não geração de resíduos, que deve ser adotada como ação prioritária (BRASIL, 2010). A mesma recomendação emergiu em 2011 do Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (PPCS) ao recomendar ações voltadas ao consumo consciente nas ações da sociedade, do governo e do setor produtivo (MMA, 2011).

Ao analisarmos o PMGIRS de Boa Vista (BOA VISTA, 2017), observou-se que não há menção, de forma específica, a nenhuma medida de não geração e/ou redução de resíduos sólidos, limitando-se o plano a uma abordagem transversal da temática, conforme sugere o “item X”, que aborda a necessidade de ações de educação ambiental que deverão ser implementadas em todas as áreas geradoras de resíduos e devem permear todas as instituições

públicas municipais, com vistas ao alcance de mudanças no comportamento da população em geral.

Para tanto, são sugeridas algumas ações tanto no âmbito da educação formal, a exemplo da inclusão de disciplinas no currículo das escolas municipais, ensino médio-técnico e universidades; como também no âmbito da educação informal: divulgação junto à comunidade, utilização de mídias sociais e articulações intersetoriais com programas já existentes visando incluir a temática de resíduos sólidos nas rotinas de trabalho (BOA VISTA, 2017).

De modo contrário, no tocante ao município de Fortaleza, o PMGIRS aponta, em seus objetivos específicos, a promoção da não geração e redução dos resíduos sólidos. O Plano reconhece a necessidade de adoção de medidas para a não geração e outras alternativas distintas da disposição final, como reciclagem e compostagem. Aponta que a redução será possível apenas caso sejam adotadas medidas articuladas de ação, além do esforço normativo, operacional, financeiro e de planejamento.

Observa-se, assim, que no planejamento foram previstas medidas de não geração. Na prática, porém, a realidade nos mostra que essas medidas ainda são escassas não somente em Fortaleza, mas na realidade brasileira. No Brasil não temos indicadores que demonstram o volume de material que deixou de ser descartado ou foi reduzido, porquanto ainda é incipiente a adoção, pelo setor produtivo, de padrões de sustentabilidade na produção de bens e serviços.

Percebe-se que inexistente um padrão de reflexão acerca da produção, distribuição e consumo no sentido de estimular a redução, fenômeno que, somado a ações de educação ambiental são importantes para alcançar os objetivos da PNRS (MMA, 2022).

Ao analisar outros estudos, observamos práticas isoladas de redução dos resíduos sólidos em diversas iniciativas, tais como em resíduos de construção civil (HAUBRICK; GONÇALVES, 2020) (BORDALO, 2023), práticas de educação ambiental (AQUINO *et al.*, 2022), reciclagem (OLIVEIRA, 2022), redução de absorventes descartáveis (VIANA, 2023), resíduos têxteis industriais (RODRIGUES *et al.*, 2020) e compostagem nas escolas (GUIMARÃES; MOREIRA; MIRANDA, 2020). No caso dos resíduos industriais, o aproveitamento de resíduos industriais gerou receita e reduziu a aquisição de matérias primas, aprimorando a produção (RODRIGUES *et al.*, 2020).

Alguns instrumentos econômicos no sentido de reduzir a geração de resíduos foram sugeridos pela autora Oliveira (2022) tais como: cobrança pelos serviços de coleta de forma proporcional aos resíduos gerados, estabelecimento de imposto para o uso de alguns tipos de materiais, como vasilhames não retornáveis, produtos de embalagens, baterias comercializadas e sacolas plásticas não recicláveis; taxaço para disposição de resíduos em aterros,

estabelecimento de sistema de cobrança por tipo de descarte e tributação de materiais danosos ao meio ambiente.

Ainda que muitos governos estejam criando suas próprias políticas de redução, observa-se que elas dependem da participação e responsabilização da população para poderem ser realizadas, fator que também é estabelecido legalmente pelo princípio da responsabilidade compartilhada na PNRS.

Outras medidas que corroboram com redução de resíduos na fonte são: ampliação da vida útil de bens e serviços, venda e consumo de materiais usados, educação para o consumo sustentável, consumo consciente, inclusão da temática na educação de nível fundamental, uso de produtos com embalagens retornáveis, evitar compra de mercadoria com muitas embalagens, utilizar sacolas e caixas próprias nas compras, comprar alimentos "soltos", realizar queixa com os produtores sobre o excesso de embalagens, além de aquisição de produtos que possam ser reutilizados e com embalagens retornáveis (OLIVEIRA, 2022; MMA, 2022).

No tocante ao comércio de produtos usados, Wilts; Fecke e Zeher (2021) enfatizaram que essa prática é importante para reduzir a geração de resíduos. Como vantagens, apontam que o baixo custo do produto, benefícios ambientais, possibilidade de evitar o desperdício desnecessário de recursos naturais e a disponibilidade de produtos que não estão mais à venda; enquanto que também foram identificadas algumas desvantagens, como as incertezas sobre a confiabilidade do comprador ou a qualidade do produto.

Na prática, é possível observar que não há um interesse da parte do setor industrial nas práticas de não-geração, uma vez que o seu interesse é vender cada vez mais e alcançar cada vez maiores lucros, fenômeno que, aliado aos hábitos de consumo desenfreados e a vontade de adquirir bens cada vez mais modernos por parte da população resulta em aumento na geração de RSU. Urge a necessidade cada vez maior de iniciativas e políticas públicas voltadas para a conscientização da população com foco na adoção de uma postura mais crítica frente aos hábitos de consumo e seus impactos no meio ambiente.

2.5.2 Geração e Composição de RSU

Nesta seção de Geração e Composição de RSU, é feita uma descrição detalhada da origem e dos tipos de resíduos sólidos produzidos pela atividade humana nas realidades destacadas, assim como é abordada a composição desses resíduos. Essa análise é de extrema importância para o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão de resíduos, pois fornece

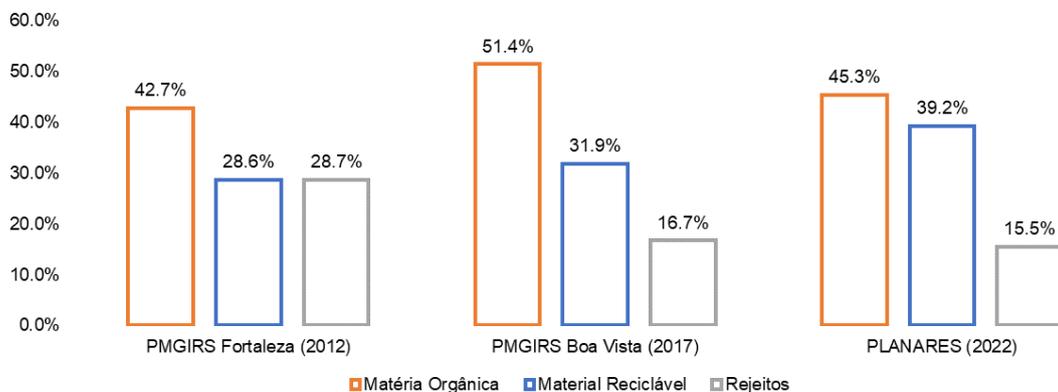
informações essenciais sobre os materiais mais comuns presentes nos resíduos sólidos urbanos e suas características específicas.

Em nível nacional, os dados mais atuais apontam que, em 2022, cada brasileiro gerou, em média, 380 kg de resíduos, e que cerca de 25% deles foram gerados pela região nordeste. A região norte é o menor gerador do Brasil, com 7,3% dos RSU do país (ABREMA, 2023).

Após a geração dos resíduos, é imprescindível determinar a composição gravimétrica, a fim de conhecer a quantidade e o tipo de material gerado, com vistas ao planejamento eficiente, à construção e manutenção da infraestrutura adequada e à definição de políticas estratégicas. No Brasil, os dados mais atualizados apontam que a fração orgânica é a principal componente dos RSU, com 45,3%. Os resíduos recicláveis somam 39,2% e os rejeitos somam 15,5% (BRASIL, 2022).

A Figura 4 apresenta uma comparação entre as composições gravimétricas dos resíduos sólidos urbanos de Fortaleza, Boa Vista e do Brasil. Os dados de Boa Vista foram estimados a partir do Plano Nacional de Resíduos Sólidos de 2012. Observa-se, assim, certa similaridade com dados nacionais, porém há risco de inadequação dos instrumentos de gerenciamento de resíduos, visto que serão planejados a partir de dados imprecisos, decorrentes das variações regionais dos resíduos coletados. Em Fortaleza, observou-se que foi realizado o processo de gravimetria, que está descrito de forma detalhada no documento, em contraposição ao PMGIRS de Boa Vista. Os dados nacionais foram obtidos do Plano Nacional de Resíduos Sólidos de 2022 (PLANARES) (MMA, 2022).

Figura 4 - Comparação da composição gravimétrica de Boa Vista (RR), Fortaleza (CE) e Brasil



Fonte: Adaptado de ACFOR (2012), BOA VISTA (2017) e BRASIL (2022).

Já no que diz respeito à análise da quantidade de resíduos gerados, o PMGIRS de Boa Vista fez estimativas a partir de um levantamento de dados realizado no período de novembro de 2015 a outubro de 2016 pela Secretaria Municipal de Serviços Públicos e Meio Ambiente,

com base em dados aferidos pela equipe de fiscalização do contrato de coleta de resíduos urbanos, totalizando 88.052,61 toneladas/ano e geração per capita 0,750 kg/habitante.dia. O levantamento identificou que não existe variação significativa da quantidade de resíduos entre os meses do ano. Todos os resíduos domiciliares seguem para destinação final sem processo prévio de coleta seletiva.

Em Fortaleza, a análise quantitativa identificou uma geração per capita de 1,9 kg/hab/dia, mais do que o dobro dos resíduos gerados em Boa Vista, à época da elaboração do plano. A análise foi realizada por meio da coleta de resíduos de caminhões compactadores que transportam resíduos domiciliares, com utilização do método quarteamento, recomendado pela NBR 10007/2004 (ABNT, 2004). Foram realizadas 35 amostras na Estação de Transbordo, representando 5 amostras por região da cidade, além de 7 amostras de resíduos coletados diretamente do caminhão caçamba, visando identificar se houve aumento dos resíduos antes da ação de carrinheiros e catadores. Os resultados consolidados estão apresentados na Figura 2.

Cabe ressaltar que a diferença entre os valores de Fortaleza e os dados nacionais destaca a importância de realizar estudos de composição de resíduos sólidos específicos para cada região. As variáveis regionais, como hábitos de consumo, práticas de descarte e infraestrutura de gestão de resíduos, influenciam significativamente a composição dos resíduos.

Em Fortaleza, também foi realizada também avaliação por região, que constatou que o centro da cidade (Regional Centro) possui diferenças significativas em relação às outras, com menor porcentagem de resíduos orgânicos e rejeitos e maior quantidade de recicláveis, o que é atribuído ao fato de ser uma região em que predominam comércio e serviços, resultando em mais resíduos recicláveis.

À época da elaboração do PMGIRS, Fortaleza contava também com cerca de 1800 locais inadequados de descarte denominados “pontos de lixo”, com predominância de resíduos volumosos de diversas origens. Atribui-se que os geradores, ao invés de realizar o descarte adequado dos resíduos, utilizam os pontos de lixo pelos seguintes motivos: grandes geradores que não aceitam pagar pela coleta, falta de locais para destinação de resíduos volumosos e de construção civil e hábito de descarte nesses locais. Essas condições são agravadas pela fiscalização ineficiente e falta de educação ambiental (ACFOR, 2012).

Visando coibir esse hábito, em 2019, foi sancionado o chamado Código da Cidade (Lei Complementar nº 270/2019), que tipifica a prática de descartar resíduos sólidos em locais inadequados como infração grave, sujeita à multa, que pode variar de R\$ 202,50 a R\$ 32.400,00 (FORTALEZA, 2019).

2.5.3 Coleta de RSU

Nesta seção de coleta de RSU, são abordadas as estratégias de coleta convencional e seletiva que têm como objetivo a separação e o recolhimento diferenciado de determinados tipos de resíduos sólidos para sua destinação adequada. Essa prática visa promover a reciclagem, a reutilização e o tratamento especializado dos materiais, contribuindo para a redução do volume de resíduos destinados a aterros sanitários e para a conservação de recursos naturais.

A coleta de RSU se insere no contexto da limpeza urbana, que é constituída pela manutenção de infraestrutura e instalações operacionais de atividades de coleta, varrição, limpeza e conservação urbana, além do transporte de resíduos (INFOSANBAS, 2024). A coleta pode acontecer de forma convencional/indiferenciada ou por meio de coleta seletiva, quando há separação na fonte. A coleta seletiva abrange desde procedimentos simples, como a separação entre resíduos secos e úmidos até formas mais complexas de separação, que segregam os resíduos em: secos, orgânicos e rejeitos, conforme é previsto legalmente, mas que possui sérias dificuldades operacionais e financeiras de implementação (FUNASA, 2019).

Em nível nacional, a região sudeste apresenta a maior cobertura de coleta, tendo obtido 98,6% da população atendida, seguida pela região sul, com 97% de coleta e da região centro-oeste, com 94,9%. Observa-se que as capitais comparadas neste estudo se localizam em regiões com as menores taxas de coleta, próximo dos 83% tanto na região norte quanto na região nordeste. Porém, se analisarmos a zona urbana de forma isolada, a cobertura de coleta atinge quase 99% da população (ABREMA, 2023).

Em Boa Vista, o PMGIRS não disponibiliza dados sobre a coleta de resíduos sólidos, o que faz necessário que se busque informações de outras fontes. O referido Plano se limita apenas a descrever que os serviços de coleta e manejo de resíduos ocorrem por empresa terceirizada em todo o território municipal, com coleta diária na área central do município e coletas alternadas nos bairros periféricos.

No site da prefeitura de Boa Vista é possível identificar um calendário que contempla a coleta de resíduos durante três dias da semana em todos os bairros da capital, além da coleta diária em alguns locais de maior geração de resíduos da cidade, como o centro da cidade, abrigos e shoppings (VISTA, 2024).

A empresa Sanepav é a responsável pelo processo de coleta de RSU, realizando também serviços de varrição nas ruas, pintura de meio-fio, capina, limpeza dos canais de escoamento

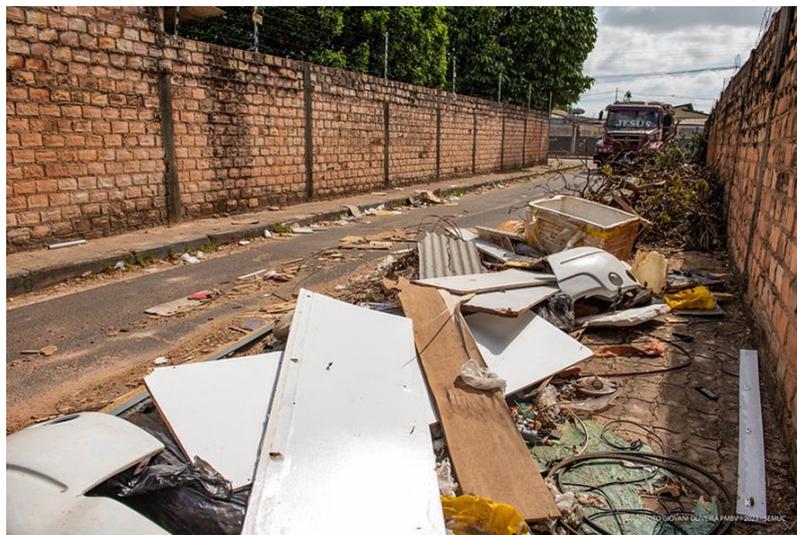
de águas pluviais e recolhimento de entulhos e galhadas, conforme dados do PMGIRS (BOA VISTA, 2017).

Em relação à coleta do município de Fortaleza, os resíduos são coletados pela empresa ECOFOR Ambiental, empresa do Grupo Marquise, que atua na área de gestão de resíduos e serviços ambientais, para os resíduos domiciliares ou comerciais que geram até 100 L/dia. A cidade de Fortaleza é um dos maiores geradores de resíduos do país.

Diferente de Boa Vista, em que não há relatos de alterações sazonais significativas, os dados de Fortaleza apontam para um aumento significativo de resíduos nos meses de janeiro e dezembro, o que tem sido atribuído ao incremento de turistas nesses meses do ano (ACFOR, 2012).

Por fim, em Fortaleza há relato de “pontos de lixo” que desafiam os serviços de coleta, dada a grande diversidade de materiais (ACFOR, 2012). Em Boa Vista não há relatos de “pontos de lixo” no PMGIRS, porém é possível observar diversos locais de destinação inadequada de resíduos no município, conforme Figura 5. Notícias recentes relatam a existência de cerca de 80 pontos de lixo irregulares na cidade, e apontam para um incremento nesta modalidade de resíduos, tendo sido recolhidos 14,5 toneladas de resíduos em pontos de descarte irregular somente no primeiro semestre de 2023, valor superior ao total coletado em 2022 (NATANNA, 2023).

Figura 5 - “Ponto de lixo” no município de Boa Vista-RR



Fonte: NATANNA (2023)

No que diz respeito à coleta seletiva domiciliar, separação pelos próprios moradores em suas residências, a prática não foi observada de forma regulamentar em nenhum dos municípios.

Ainda que os princípios legais e as recomendações da PNRS estejam vigentes, e mesmo que grande parte da população reconheça sua responsabilidade e os riscos do não gerenciamento de resíduos, na prática observa-se pouco engajamento dos geradores.

Em Fortaleza, diversas medidas tem sido adotadas em outras formas de coleta seletiva, que visam facilitar o descarte correto de materiais recicláveis, a exemplo dos ecopontos, estratégia iniciada em 2015, que consistem em espaços estruturados onde os cidadãos levam materiais recicláveis para descarte de diferentes tipos de resíduos. Atualmente, há em Fortaleza 101 ecopontos, sendo 93 ecopontos tradicionais e 8 ecopontos especiais, que são formados por lixeiras subterrâneas, ilhas ecológicas e contêineres. Os equipamentos são coordenados pela Secretaria Municipal da Conservação e Serviços Públicos - SCSP (Fortaleza, 2024b).

Figura 6 - Ecoponto na cidade de Fortaleza



Fonte: FORTALEZA (2024a)

Há também dois programas de bonificação vinculados à estratégia dos Ecopontos: Recicla Fortaleza e o E-Carroceiro. Ao se cadastrar no Recicla Fortaleza, o usuário que deixa o material reciclável no Ecoponto pode ganhar desconto na conta de energia, bem como utilizar o crédito nos comércios locais cadastrados ou optar por receber o valor em dinheiro. Já no caso do Programa E-Carroceiro, a Prefeitura oferece crédito no comércio local ou o valor em dinheiro para os carroceiros cadastrados que descarregam o material corretamente (FORTALEZA, 2024a)

As ilhas ecológicas, por sua vez, são estruturas semelhantes aos ecopontos, mas são implantadas em locais estratégicos de grande circulação, como praças, parques e terminais de ônibus, que facilitam o descarte adequado de materiais recicláveis (FORTALEZA, 2024a).

O Re-Ciclo Fortaleza é um programa de reciclagem em Fortaleza que iniciou em 2022 e atua em alguns bairros da cidade, com objetivo de incentivar os moradores a separar os resíduos recicláveis para coleta seletiva porta a porta, realizado por catadores utilizando triciclos elétricos (OSÓRIO, 2024).

Figura 7 - Triciclos elétricos para recolhimento de resíduos recicláveis



Fonte: Fortaleza (2024)

O E-carroceiro é um outro projeto que foi concebido em 2017 por meio de parceria entre a Prefeitura de Fortaleza, a Ecofor Ambiental e o Banco Palmas. Trata-se de uma política pública inovadora, por meio da qual os carroceiros, pessoas que percorrem a cidade puxando carros de mão ou carroças para coletar resíduos recicláveis, trocam materiais recicláveis por crédito em uma conta virtual do Banco Palmas (NASCIMENTO; STEFANUTTI, 2019).

Em 2024, Fortaleza iniciou o projeto Recicla Mais, por meio do qual os caminhões fazem coleta seletiva porta a porta exclusivamente de materiais recicláveis previamente separados, inicialmente nos condomínios da cidade que aderirem ao projeto (OSÓRIO, 2024).

Foi criada também pelo executivo municipal, por meio do Programa “Mais Fortaleza”, a operação Tira-Treco, na qual os caminhões circulam na cidade com objetivo recolhe das ruas objetos como móveis, eletrodomésticos velhos, restos de madeira, ferragens e pneus, de forma a reduzir os pontos de lixo irregulares e evitar complicações causadas por alagamentos e entupimentos de bocas de lobo (FORTALEZA, 2024a).

O quadro 2 mostra um resumo de todas as estratégias de coleta seletiva identificadas em Fortaleza. Todas essas iniciativas são importantes porque oferecem alternativas para o descarte

correto de materiais recicláveis e contribuem para a preservação dos recursos naturais e para a redução dos impactos ambientais.

Quadro 2 - Estratégias de coleta seletiva em Fortaleza-CE

Estratégia	Benefício
Ecopontos	Espaços para descarte de materiais recicláveis nos bairros
Ilhas Ecológicas	Espaços para descarte de materiais recicláveis em locais de trânsito de pessoas
Recicla Fortaleza	Programa de troca de resíduos recicláveis por bonificação por meio de desconto em conta de energia ou dinheiro
Programa Re-Ciclo	Coleta de resíduos previamente separados nas residências por equipe especializada em triciclo
Programa E-carroceiro	Carroceiros trocam materiais recicláveis por crédito em conta bancária virtual
Projeto Recicla Mais	Caminhões fazem coleta seletiva porta-a-porta de materiais previamente separados. Adesão voluntária de condomínios
Operação Tira-Treco	Caminhões fazem recolhimento de resíduos diretamente nas ruas

Fonte: Autoria própria (2024)

Em Boa Vista, desde o ano de 2023 os noticiários comunicam uma proposta de construção de 20 Ecopontos na capital, a serem instalados, inicialmente, em 3 bairros (FOLHABV, 2023). Porém, os primeiros ecopontos de Boa Vista foram inaugurados apenas nos meses de junho e julho de 2024, um deles no bairro Nova Cidade, escolhido por ser um dos maiores pontos de descarte irregular da cidade; e um segundo, no bairro Cidade Satélite (NORALES, 2024).

Figura 8 – Ecoponto recém-inaugurado em Boa Vista



Fonte: NORALES (2024)

Outra iniciativa recente em Boa Vista data de abril de 2024 e diz respeito ao Centro de Compostagem de Resíduos Orgânicos, que foi inaugurado como parte de um projeto denominado Boa Vista Acolhedora, uma parceria entre a Prefeitura de Boa Vista e a Associação Voluntários para o Serviço Internacional (AVSI). A Secretaria Municipal de Serviços Públicos se comprometeu a fornecer podas trituradas e resíduos de gramas para o processo de compostagem, garantindo a transformação adequada dos materiais (BAYDOUN, 2024).

O principal objetivo do centro é transformar resíduos orgânicos em adubo de alta qualidade, beneficiando a agricultura familiar da região e substituindo a prática anterior de destinação desses resíduos ao aterro, que contribuía para a geração de gases de efeito estufa.

Figura 9 – Leiras de compostagem do Centro de Compostagem de Resíduos Orgânicos de Boa Vista



Fonte: BAYDOUN (2024)

2.5.4 Destinação final de RSU

Nesta seção de destinação final de RSU, são abordados os processos finais pelos quais os resíduos sólidos são tratados, processados ou descartados após a coleta e separação. Diversas opções são consideradas para a destinação final dos RSU, cada uma com suas características e impactos ambientais específicos, ainda que a opção mais recomendada atualmente na realidade brasileira seja o aterro sanitário. Em relação à destinação final dos RSU, idealmente, a disposição final ambientalmente adequada caberia apenas aos rejeitos, após terem sido esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação.

A PNRS tinha o objetivo de erradicar os lixões até agosto de 2014 (BRASIL, 2010). Em 2022, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos traçou meta de eliminar a disposição de RSU em lixões e aterros controlados até 2024. No entanto, até hoje, cerca de 10 anos depois, o aumento na produção de resíduos tem se mostrado um fenômeno cada vez mais complexo (BRASIL, 2022).

Na realidade de Boa Vista, os resíduos são destinados ao Aterro Sanitário Municipal, conforme detalharemos no capítulo 3 deste trabalho. Ao analisarmos o PMGIRS de Boa Vista, foi possível observar que muitas informações estão desatualizadas. O Plano relata, por exemplo, que no Aterro de Boa Vista são recebidos resíduos de construção civil (RCC), resíduos de galhos, podas e resíduos volumosos. Em visita realizada *in loco*, obteve-se a informação de que atualmente o aterro não recebe os RCC, que são transportados e destinados por empresas terceirizadas e utilizados também para realização de obras de aterramento, o que se considera positivo enquanto medida de reaproveitamento.

O PMGIRS relata a presença de catadores no Aterro Sanitário e de uma cooperativa de catadores chamada Unirenda, situação que também não se observa atualmente. Na visita ao local não se observou a presença de catadores. Da cooperativa restou apenas a estrutura física, atualmente desativada.

Ferreira (2019) aponta que desde o ano de 2015 o Aterro do município de Boa Vista tornou-se inadequado por não atender as perspectivas legais; fato também registrado por outros autores (SOUZA; ANDRADE, 2018). O próprio PMGIRS (BOA VISTA, 2017) relata o não atendimento às normas técnicas vigentes, classificando o local como “lixão”.

A ausência da aplicação dos princípios do aterro sanitário resulta na contaminação do meio geológico em profundidade e dos corpos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos, com impactos diretos na população beneficiada por estes recursos (SOUZA; ANDRADE; MORAES, 2018). O aterro já foi interditado em 2017, após se somarem às irregularidades a presença de crianças no local (ALTINO, 2022).

Em visita realizada “*in loco*”, observou-se que o Aterro se encontra em processo de execução de suas atividades, porém, o enquadramento mais adequado atualmente é de Aterro controlado. No espaço do aterro, há uma nova célula em operação, que conta com novas tecnologias como impermeabilização de base com manta de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), compactação e cobertura dos resíduos, sistemas de drenagem por meio de canaletas e tratamento em lagoas de estabilização, o que já se pode considerar um avanço, diante de seu histórico.

No entanto, a ausência de planejamento no momento de sua concepção faz com que os efluentes gerados pelo processo de decomposição dos resíduos, seja o efluente líquido ou o biogás, careçam de tratamento adequado na maior parte do aterro, o que cria uma situação potencial de risco ambiental e à saúde humana.

Já em Fortaleza, os resíduos são destinados ao Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), construído a partir de um convênio firmado entre os municípios de Fortaleza e Caucaia, em que ambos passaram a lançar seus resíduos. Fortaleza é responsável pela operação do aterro e Caucaia ficou com um passivo ambiental em seu território geográfico, porém, é beneficiada pela disposição gratuita de seus resíduos.

Em visita realizada no ASMOC, foi possível observar que o aterro atende aos requisitos legais de proteção ambiental, tais como: realização prévia de estudo de impacto ambiental, licenciamento ambiental, impermeabilização de base, compactação e cobertura de resíduos, sistema de drenagem e tratamento de líquido percolado por osmose reversa e gases (drenagem e beneficiamento de biogás), sistema de drenagem pluvial, cobertura vegetal, aproveitamento de resíduos orgânicos e de construção civil, além de monitoramento periódico do solo, água e do ar.

Além disso, o ASMOC também realiza, dentro de sua estrutura, o reaproveitamento de resíduos da construção civil e compostagem de resíduos orgânicos. Por fim, a água purificada no processo de osmose reversa é utilizada em diversas atividades dentro da operação do aterro e o biogás, após ser submetido ao processo de beneficiamento, é injetado na rede de distribuição para utilização veicular.

Desse modo, essa análise permite observar que os resultados da coleta urbana de resíduos nas duas capitais analisadas são positivos, refletindo uma tendência nacional de altos índices de coleta, embora as regiões norte e nordeste ainda apresentem números mais baixos em comparação a outras partes do Brasil. Fortaleza, no Ceará, se destaca por implementar políticas e programas robustos voltados para a coleta, incluindo a coleta seletiva e a disposição final adequada, que visam preservar o meio ambiente e promover a sustentabilidade.

Por outro lado, Boa Vista, em Roraima, é a única capital do estado com um PMGIRS em funcionamento, mas enfrenta desafios significativos para sua plena efetivação. A cidade ainda está aquém dos padrões de grandes centros brasileiros, especialmente na coleta seletiva e no tratamento de resíduos sólidos urbanos e destinação adequada em aterros sanitários, visto que não há cumprimento de várias exigências legais. Diante do crescimento populacional e urbano, é fundamental que a gestão e o gerenciamento de resíduos em Boa Vista se tornem mais eficiente para acompanhar esse desenvolvimento.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo analisar a organização da Gestão de Resíduos Sólidos nos municípios de Boa Vista, Roraima, e Fortaleza, Ceará, com foco na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

No entanto, ao examinar as políticas locais, observou-se que, em relação à não-geração e à redução de resíduos sólidos, não foi possível identificar medidas concretas ou políticas públicas claramente implementadas que atendam efetivamente às diretrizes da Política Nacional. As duas cidades, embora apresentem avanços em outras áreas, ainda carecem de estratégias mais robustas e integradas para a diminuição dos resíduos gerados.

É importante ressaltar que, embora Fortaleza e Boa Vista tenham desenvolvido programas voltados à gestão de resíduos sólidos, há pouca ênfase em ações preventivas, como a redução no ponto de geração. A falta de políticas mais efetivas voltadas para a educação ambiental, a conscientização da população e a promoção de hábitos sustentáveis contribui para a dificuldade em alcançar as metas de redução de resíduos.

Quanto à coleta urbana de resíduos, os resultados obtidos nas duas capitais são positivos, acompanhando a tendência nacional, que já apresenta índices elevados de coleta. No entanto, nas regiões norte e nordeste, onde se situam os municípios estudados, os níveis de coleta ainda são mais baixos em comparação com outras regiões do Brasil.

O município de Fortaleza tem implementado diversas iniciativas focadas no manejo e destino final adequado dos resíduos sólidos. A cidade segue diretrizes voltadas à sustentabilidade e à preservação ambiental, desenvolvendo práticas que incentivam a separação de materiais recicláveis e a gestão eficiente dos resíduos. Essas ações têm sido fundamentais para reduzir o impacto ambiental, promovendo a conservação dos recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

Destaca-se o fato de que, na realidade de Roraima, o município de Boa Vista é o único a contar com um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) em vigor. Contudo, o município enfrenta obstáculos consideráveis para implementar efetivamente esse plano, ficando aquém das normas de gestão de resíduos estabelecidas em grandes centros urbanos do Brasil. A cidade ainda lida com dificuldades no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, como a coleta seletiva e o tratamento adequado nos aterros sanitários, que não cumprem integralmente as exigências legais. Dado o crescimento populacional e urbano, Boa Vista necessita urgentemente de um sistema de gestão de resíduos mais eficaz.

Para que as políticas de gestão de resíduos sejam bem-sucedidas, é fundamental que haja uma colaboração estreita entre governo, sociedade e empresas. A responsabilidade compartilhada se torna essencial para garantir a eficácia dessas ações e proporcionar um ambiente mais saudável e limpo, levando em consideração o ciclo completo dos produtos, desde sua produção até o descarte final.

Como ponto positivo, a gestão adequada dos resíduos, com ênfase na separação dos materiais recicláveis, representa uma oportunidade de gerar empregos, conservar recursos naturais e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas. Esses benefícios podem resultar em desenvolvimento sustentável e na melhoria da qualidade de vida.

Dada a complexidade do tema e sua importância para a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável das cidades, recomenda-se que futuras pesquisas avancem em áreas pertinentes às realidades abordadas neste estudo. Entre essas áreas, destaca-se a economia circular, a minimização de resíduos, inovações em triagem e coleta seletiva, tecnologias de tratamento avançado e os aspectos sociais e econômicos do manejo de resíduos.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004/2004** - resíduos sólidos: classificação. Brasil, 2004. Disponível em: <<https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10007/2004** - Amostragem de resíduos sólidos. Brasil: [s. n.], 2004. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/6014/nbr10007-amostragem-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. 2021. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2021>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ABREMA - Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2023**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <<https://www.abrema.org.br>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ACFOR - Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza (PMGIRS)**. 2012. Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/plano_municipal_de_gesto_integrada_de_residuos_solidos_de_fortaleza.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- AGUIAR, Enilde Santos; RIBEIRO, Mônica Moraes; VIANA, Jéssica Herzog; PONTES, Altem Nascimento. Panorama da disposição de resíduos sólidos urbanos e sua relação com os impactos socioambientais em estados da Amazônia brasileira. **Urbe**, vol. 13, p. 1–12, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.E20190263>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ALTINO, Lucas. **Cidades descumprem metas de fechamento de lixões a céu aberto**. 2022. EXTRA. Disponível em: <<https://extra.globo.com/noticias/brasil/cidades-descumprem-metas-de-fechamento-de-lixoes-ceu-aberto-25591063.html>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- AQUINO, Davi Santiago; RIBEIRO, Fabiula Gomes de Moraes; LIMA, Kamila Faria Paraguassú; SANTOS, Vanessa Silva. Sensibilização Ambiental para redução da geração de Resíduos Sólidos num escritório de Engenharia. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, vol. 11, no. 4, p. 319–332, 30 Nov. 2022. DOI 10.59306/rgsa.v11e42022319-332. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/9025>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BAYDOUN, Aysha. **Boa Vista inaugura o 1º centro de compostagem de resíduos orgânicos da Amazônia Legal**. 2024. Folhabv. Disponível em: <<https://www.folhabv.com.br/cotidiano/meio-ambiente/boa-vista-inaugura-o-1o-centro-de-compostagem-de-residuos-organicos-da-amazonia-legal>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BOA VISTA, Prefeitura Municipal. **Calendário de coleta do lixo**. 2024. Disponível em: <<https://boavista.rr.gov.br/calendario-de-coleta-de-lixo>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- BOA VISTA (Roraima). Prefeitura Municipal. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos de Boa Vista**. 2017. Disponível em:

<<https://boavista.rr.gov.br/storage/paginas/canal-do-cidadao/gestao-de-residuos/produto-06-pmgirs.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

BORDALO, Rodrigo Marcio de Jesus. Implantação de um programa de redução de resíduos sólidos da construção civil em canteiros. 24 Ago. 2023. DOI 10.46421/tecsic.v4.2482. Disponível em: <<https://eventos.antac.org.br/index.php/tecsic/article/view/2482>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Brasil, 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 18 Jul. 2023.

BRASIL. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021.** Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional. 2021. Disponível em: <<https://www.capacidades.gov.br/capaciteca/panorama-do-saneamento-basico-no-brasil-2021>>. Acesso em: 18 Jul. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de Janeiro de 2022.** Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.: Brasil, 12 jan. 2022. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/norma/35443315/publicacao/35443916>>. Acesso em: 18 jul. 2023.

DURKHEIM, Émile. **As regras do método sociológico.** São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1978. Disponível em: <https://acervo.enap.gov.br/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=516867>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FERRÃO, Caroline Cipolatto; RIBAS MORAES, Jorge André. Analysis of environmental risks and accidents at work in urban solid waste collection services. **Gestao e Producao**, vol. 28, no. 1, p. 1–20, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9649.2020V28E4885>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FERREIRA, Antonio Ramos. **Panorama de vida e trabalho dos catadores de materiais recicláveis de Boa Vista - RR.** 2019. 136f. Dissertação (Mestrado em Sociedade e Fronteiras) - Programa de Pós-Graduação em Sociedade e Fronteiras, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.ufr.br:8080/jspui/handle/prefix/204>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FOLHABV. **Você sabe o que são Ecopontos? Entenda como esta solução pode lhe ajudar a cuidar do meio ambiente.** 2023. Disponível em: <<https://www.folhabv.com.br/cotidiano/meio-ambiente/voce-sabe-o-que-sao-ecopontos-entenda-como-esta-solucao-pode-lhe-ajudar-a-cuidar-do-meio-ambiente>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FORTALEZA. Prefeitura Municipal. **Lei complementar nº 270 de 02 de agosto de 2019 - Código da cidade do município de Fortaleza.** 2019. Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/codigo-da-cidade/codigo_da_cidade_-_lei_complementar_n_270_de_02_de_agosto_de_2019.pdf>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FORTALEZA. Prefeitura Municipal. **Prefeitura amplia para mais de 100 o número de Ecopontos instalados em Fortaleza.** 2024a. 2024. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/prefeitura-amplia-para-mais-de-100-o-numero-de-ecopontos-instalados-em-fortaleza>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FORTALEZA, Prefeitura Municipal. **Manual do Plano de Gerenciamento de Resíduos. Prefeitura Municipal de Fortaleza**, p. 25–28, 2022b. Disponível em:

<https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/manuais/manual_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 2019. Disponível em:

<https://repositorio.funasa.gov.br/bitstream/handle/123456789/506/Manual_de_Saneamento_Funasa_5a_Edicao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

GUIMARÃES, Clara Soares de Freiras; MOREIRA, Carolina Vilela; MIRANDA, Élide Lopes. Compostagem como uma estratégia de redução dos resíduos sólidos descartados no ambiente escolar. **Cadernos de Agroecologia**, vol. 15, 2020. Disponível em:

<<https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/6298/2361>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

HAUBRICK, Suelen Oliveira; GONÇALVES, José Roberto Moreira Ribeiro. Medidas de redução de geração de resíduos sólidos na construção civil como atendimento dos requisitos de sustentabilidade do PBQP-H/SIAC. **Revista Augustus**, vol. 25, no. 50, p. 12–32, 23 Mar. 2020. DOI 10.15202/1981896.2020v25n50p12. Disponível em:

<<http://revistas.unisuam.edu.br/index.php/revistaaugustus/article/view/511>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

INFOSANBAS. **Informações contextualizadas sobre saneamento no Brasil**. 2024.

Disponível em: <<https://infosanbas.org.br/municipio/boa-vista-rr>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

KALBERG, Stephen. **Max Weber's comparative-historical sociology**. Chicago: University of Chicago Press, 1994.

KORHONEN, Jouni; HONKASALO, Antero; SEPPÄLÄ, Jyri. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecological Economics**, vol. 143, p. 37–46, Jan. 2018. DOI 10.1016/j.ecolecon.2017.06.041. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921800916300325>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

LAHMANN, Daiane Fernandes Pereira et al. Os desafios e benefícios do trabalho realizado por uma associação de catadores. **Research, Society and Development**, vol. 10, no. 14, p. e127101421688, 28 Oct. 2021. DOI 10.33448/rsd-v10i14.21688. Disponível em:

<<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21688>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

LARREA, Witor Hugo Guedes; VIANA, Francisca Diana Ferreira; BRAGA, Francisco Laércio Pereira. Políticas públicas para as comunidades quilombolas no Brasil: um estudo à luz da análise lexical no período de 2000 a 2020. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**, vol. 7, no. 1, p. 100–121, 1 Sep. 2021. DOI 10.48075/gdemrevista.v7i1.27397. Disponível em: <<https://e-revista.unioeste.br/index.php/gestaoedesenvolvimento/article/view/27397>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

LIJPHART, Arend. Comparative Politics and the Comparative Method. **American Political Science Review**, vol. 65, no. 3, p. 682–693, 1 Sep. 1971. DOI 10.2307/1955513. Disponível em:

<https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S000305540013641X/type/journal_article>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

LIMA, Uedja; SILVA, Gilson; SOBRAL, Maria do Carmo. Da Gestão de Resíduos à Economia Circular: maximizando o valor do resíduo. 18 Maio 2022. **Anais 5º ConReSol**.

Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento. DOI 10.55449/conresol.5.22.I-002. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2022/I-002.pdf>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

MILL, John Stuart. **A System of Logic, Ratiocinative and Inductive: Volume 1: Being a Connected View of the Principles of Evidence, and the Methods of Scientific Investigation**. Londres: Cambridge University Press, 1865. Disponível em: <<https://philpapers.org/rec/MILASO-7>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis. 2011. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/1018>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares**. Brasil: 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

NASCIMENTO, Verlane Maria Lima do; STEFANUTTI, Ronaldo. **O E-Carroceiro na gestão integrada de resíduos sólidos do município de Fortaleza: um estudo de caso dos Ecopontos da Regional I**. 2019. Centro de Tecnologia, 2019. 64 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/45718>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

NATANNA, Suyla. **Prefeitura recolhe 14,5 toneladas de lixo em pontos de descarte irregular no primeiro semestre de 2023**. Prefeitura Municipal de Boa Vista. Disponível em: <<https://boavista.rr.gov.br/noticias/2023/7/prefeitura-recolhe-145-toneladas-de-lixo-em-pontos-de-descarte-irregular-no-primeiro-semester-de-2023>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

NEVES, José Luis. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, vol. 1, 1996. Disponível em: <<http://www.ead.fea.usp.br/cad-pesq/arquivos/C03-art06.pdf>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

NORALES, Bruna. Prefeitura inaugura segundo Ecoponto de Boa Vista no bairro Cidade Satélite. 2024. **Roraima em Foco**. Disponível em: <<https://roraimaemfoco.com/prefeitura-inaugura-segundo-ecoponto-de-boa-vista-no-bairro-cidade-satelite>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

OLIVEIRA, Mariana Moreira de. **Estratégias de redução dos resíduos sólidos domiciliares a serem dispostos em aterros sanitários: redução na fonte, coleta seletiva e metanização**. 2022. Universidade Federal da Paraíba, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25504?locale=pt_BR>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

OPPERMANN, Priscila de Almeida. **Estudo da avaliação ambiental estratégica no Brasil em perspectiva comparada**. 2012. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. DOI 10.11606/D.18.2012.tde-29032012-111619. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-29032012-111619>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

OSÓRIO, Pedro Pinheiro. **Impacto do Projeto Re-ciclo na coleta seletiva do município de Fortaleza**. Universidade de Fortaleza, 2024. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFOR_c1db2ea9c5a05633362e3a70513f33a3>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

PERISSINOTTO, Renato. Comparação, história e interpretação: por uma ciência política histórico-interpretativa. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, vol. 28, no. 83, p. 151–165, Out. 2013. DOI 10.1590/S0102-69092013000300010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-69092013000300010&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

PNUMA, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an age of waste – Turning rubbish into a resource**. Nairobi, Quênia: 2024. Disponível em: <<https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

RABBANI, Emilia Rahnemay Kohlman et al. Indicadores de Sustentabilidade para Avaliação e Monitoramento da Gestão de Resíduos Sólidos em Instituição de Ensino Superior de Pernambuco / Sustainability Indicators for Evaluation and Monitoring of Solid Waste Management in a Higher Education Institut. **Brazilian Journal of Development**, vol. 7, no. 1, p. 7096–7117, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-481>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

RAGIN, Charles. **The Comparative Method: Moving Beyond Qualitative and Quantitative Strategies**. University of California Press, 1989. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=mZi17vherScC>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

RODRIGUES, Thales Volpe et al. Redução de resíduos sólidos industriais a partir da simbiose industrial em uma indústria têxtil brasileira. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, vol. 7, no. 16, p. 835–853, 2020. DOI 10.21438/rbgas(2020)071625. Disponível em: <<http://revista.ecogestaobrasil.net/v7n16/v07n16a25a.html>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SABEDOT, Sydney; PEREIRA NETO, Tiago José. Desempenho ambiental dos catadores de materiais recicláveis em Esteio (RS). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, vol. 22, no. 1, p. 103–109, 27 Out. 2017. DOI 10.1590/s1413-41522016155686. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000100103&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SANTIAGO, Leila Santos; DIAS, Sandra Maria Furiam. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, vol. 17, no. 2, p. 203–212, Jun. 2012. DOI 10.1590/S1413-41522012000200010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522012000200010&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SARTORI, Giovanni. Comparing and Miscomparing. **Journal of Theoretical Politics**, vol. 3, no. 3, p. 243–257, 1 Jul. 1991. DOI 10.1177/0951692891003003001. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0951692891003003001>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SILVA, Claudionor de Oliveira et al. Differentiation of estimates in per capita generation and gravimetric analysis of urban solid wastes. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, vol. 14, no. 3, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n3e8128>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SOUZA, Lena Simone Barata Souza; ANDRADE, Guilherme Gonzaga de. Resistividade no entorno do aterro sanitário municipal de Boa Vista, Roraima, Brasil: implicações ambientais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, vol. 13(3), p. 435–452, 2018. DOI: <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v13i3.346>. Disponível em: <<https://boletimcn.museu-goeldi.br/bcnaturais/article/view/346>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

TESHOME, Zawde Tadesse; AYELE, Zemenu Tadesse; ABIB, Mohamed Ibrahim. Assessment of solid waste management practices in Kebridehar city Somali regional state, Ethiopia. **Heliyon**, vol. 8, no. 9, p. e10451, Set. 2022. DOI 10.1016/j.heliyon.2022.e10451. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S240584402201739X>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2018/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2008/98/CE sobre resíduos. **Jornal Oficial da União Europeia**, 2018.

VIANA, Esther Moreira. **O uso de opções sustentáveis durante o ciclo menstrual: possíveis impactos para a redução dos resíduos sólidos**. 2023. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/949>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

WILTS, Henning; FECKE, Marina; ZEHER, Christine. Economics of Waste Prevention: Second-Hand Products in Germany. **Economies**, vol. 9, no. 2, p. 74, 12 Mai 2021. DOI 10.3390/economies9020074. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2227-7099/9/2/74>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos / Robert K. Yin; tradução Cristhian Matheus Herrera**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Disponível em: <<https://acervo.enap.gov.br/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=52316>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

ZORPAS, Antonis et al. Household waste compositional analysis variation from insular communities in the framework of waste prevention strategy plans. **Waste Management**, vol. 38, p. 3–11, Apr. 2015. DOI 10.1016/j.wasman.2015.01.030. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X15000690>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS ATERROS SANITÁRIOS DAS CIDADES DE BOA VISTA E FORTALEZA

Neste capítulo, aprofundou-se a análise comparativa dos aterros sanitários das cidades de Boa Vista e Fortaleza, dois importantes centros urbanos brasileiros, com foco na eficiência e adequação dessas instalações para a destinação final dos resíduos sólidos. A gestão adequada dos resíduos urbanos, especialmente quando tratada por meio de aterros sanitários, desempenha um papel fundamental na minimização dos impactos ambientais e na conformidade com as normas e legislações em vigor. Essa análise se torna ainda mais relevante em um cenário de crescente produção de resíduos e de pressões globais por práticas mais sustentáveis.

Ao explorar a realidade de Boa Vista e Fortaleza, buscou-se compreender como cada cidade tem implementado suas estratégias de gerenciamento de resíduos e se as infraestruturas de aterros sanitários estão alinhadas às melhores práticas e exigências legais. Boa Vista emergiu como um caso recente de adequação às diretrizes nacionais, com a reestruturação de seu aterro sanitário municipal e a introdução de algumas melhorias. Por outro lado, Fortaleza se destaca por seu papel pioneiro, com o estabelecimento de um sistema eficiente que reflete avanços significativos no tratamento de resíduos sólidos.

A comparação entre esses dois modelos de gestão de resíduos buscou não apenas identificar os desafios comuns enfrentados por municípios em diferentes regiões do Brasil, mas também destacar as boas práticas que podem ser adotadas por outras cidades, visando uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos sólidos. A análise foi complementada por uma abordagem visual, por meio de registros fotográficos, que proporcionaram uma compreensão mais aprofundada sobre as condições reais dessas instalações e seu impacto ambiental.

Ao unir teoria e prática, buscamos não apenas entender as dificuldades encontradas, mas também propor soluções criativas que possam orientar o futuro da gestão de resíduos sólidos urbanos no país.

3.1 INTRODUÇÃO

Os desafios da gestão de resíduos parece ser uma tarefa desafiadora não só para os contextos regionais e nacional, mas em todo o mundo. A gestão de resíduos deficiente em nível global resulta em consequências negativas para a saúde, conservação dos recursos naturais, estabilidade e riqueza sustentável de uma nação (YAASHIKAA *et al.*, 2022). De acordo com o relatório What a Waste 2.0 do Banco Mundial, estima-se que a geração de resíduos aumentará

de 2,01 bilhões de toneladas em 2016 para 3,40 bilhões de toneladas em 2050, representando um aumento de quase 70% (KAZA; YAO, 2018).

O Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (MRSU) em um país continental como o Brasil contempla um universo que compreende 5.570 municípios onde habitam 203 milhões de habitantes, que geraram, no ano de 2022, 77,1 milhões de toneladas de resíduos, o que equivale a uma média diária de 211 mil toneladas, resultando em uma produção média de aproximadamente 1,04 kg de resíduos por habitante brasileiro a cada dia, conforme dados da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2023).

A Lei nº 12.305/10 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e orienta sobre a gestão de resíduos sólidos no Brasil, apresentando diversos princípios, instrumentos, objetivos, diretrizes e ações para auxiliar no gerenciamento adequado dos resíduos sólidos. Uma das medidas importantes diz respeito à disposição ambientalmente adequada dos rejeitos, que são resíduos que não tem mais a possibilidade de passar por processo de reciclagem e serem novamente integrados à cadeia produtiva (BRASIL, 2010).

Os resíduos sólidos, quando tratado adequadamente, podem ter um impacto positivo na sociedade, otimizando o uso de matérias-primas e energia, protegendo recursos naturais e o clima, respeitando a saúde, a segurança e os direitos da população, contribuindo para o crescimento econômico e geração de riqueza (ZORPAS *et al.*, 2015). Ademais, um dos princípios da PNRS é o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania (Brasil, 2010)

Analisando os dados da caracterização física dos RSU no Brasil, Leite et al. (2021) identificaram que os resíduos sólidos urbanos gerados e coletados no país são detentores de um percentual de 85% (percentagem em peso) de materiais com potencial de retornarem ao ciclo produtivo (materiais passíveis de compostagem e materiais passíveis de reciclagem), restando apenas 15% a serem destinados em aterros sanitários. Percebemos, assim, que a falta de coleta seletiva ou uma coleta ineficiente resulta no descarte de materiais com grande potencial de reaproveitamento em lixões ou aterros controlados e sanitários. Estima-se que em todo o território ainda existam cerca de 3 mil lixões (ABREMA, 2023).

No cenário nacional, os aterros sanitários são a alternativa mais recomendada na destinação final de resíduos sólidos, em virtude de protegerem o solo no qual o resíduo será depositado, bem como coletar e tratar os efluentes oriundos da decomposição final dos resíduos, proporcionando controle eficiente e seguro do processo (SILVA, 2023)

É neste contexto que se propõe, neste estudo, uma análise comparativa entre os aterros sanitários de duas capitais brasileiras, Boa Vista e Fortaleza, como forma de compreender os processos de gerenciamento de resíduos sólidos e proteção ambiental.

Boa Vista foi eleita para o estudo por conta dos movimentos recentes de adequação às recomendações nacionais e internacionais sobre resíduos sólidos, evidenciados pelos esforços iniciados em 2017, com ação conjunta de diversos entes que consolidaram o primeiro PMGIRS, construção de um aterro sanitário municipal, que até hoje não é realidade em centenas de municípios brasileiros, além da implantação recente de projetos de coleta seletiva e construção dos primeiros ecopontos (FARIAS, 2019; GOMES; FARIZEL; ARAÚJO JÚNIOR, 2017; BOA VISTA, 2022; NORALES, 2024).

O aterro sanitário de Boa Vista, é uma instalação projetada para a disposição e manejo de resíduos sólidos urbanos da capital do estado. Localizado a cerca de 10 km do centro de Boa Vista, tem como objetivo gerenciar os resíduos de maneira controlada e minimizar impactos ambientais (BOA VISTA, 2017)

A escolha do município de Fortaleza se deu pelos avanços nas Políticas e na Gestão de Resíduos Sólidos, como, por exemplo, o fato de Fortaleza ter instituído o PMGIRS precocemente em dezembro de 2012, pelo avanço do município cearense no programa de coleta seletiva pública, com proposta de trabalho em equipe, incentivo e conscientização da sociedade, além da inexistência de lixão em seu território (ACFOR, 2012; FUNDAÇÃO DEMÓCRITO ROCHA, 2021).

Outra evidência de que Fortaleza tem sido um precursor do gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil é que, no estado do Ceará, a Política Estadual dos Resíduos Sólidos (Lei Estadual nº 13.103, de 24 de janeiro de 2001) publicada nove anos antes da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, tendo as alterações republicadas na lei Lei nº. 16.032/2016 (CEARÁ, 2016).

Os resíduos de Fortaleza são destinados ao Aterro Metropolitano Oeste de Caucaia, que é uma instalação localizada na Região Metropolitana de Fortaleza, destinada à disposição e gestão de resíduos sólidos, situado a cerca de 30 km do centro de Caucaia (ACFOR, 2012).

3.2 REFERENCIAL TEÓRICO

Um aterro sanitário é uma instalação projetada para a disposição de resíduos sólidos em terra de forma controlada. A nível global, a instalação de medidas de controle na destinação final de resíduos varia significativamente entre diferentes regiões. Os níveis mais baixos de

gestão controlada de RSU são observados na África Subsaariana e na Ásia Central e Sul. Em contraste, na América do Norte e na Europa Ocidental, quase a totalidade dos resíduos é tratada por meios controlados (PNUMA, 2024).

Na América do Norte há predomínio da eliminação em aterros sanitários, enquanto na Europa Ocidental, as taxas de reciclagem são mais elevadas e a conversão de resíduos em energia se destaca como o método predominante para a eliminação de RSU (PNUMA, 2024).

Países da União Europeia e o Japão estão adotando a incineração de resíduos como alternativa aos aterros, motivados pela limitação de áreas disponíveis para aterros e pelas questões ambientais associadas à geração de efluentes poluentes (COSTA, ALFAIA, CAMPOS, 2019).

O aterro sanitário é a escolha de método de tratamento ou descarte de RSU mais popular na maioria dos países porque é relativamente acessível e tem poucos requisitos técnicos (YAASHIKAA *et al.*, 2022).

Desde a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), esforços têm sido direcionados para fechar os lixões e garantir a disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros sanitários, visto que nos lixões, os resíduos são dispostos de forma direta sobre o solo, sem nenhuma forma de controle ambiental. Assim como os lixões, aterros controlados, valas, vazadouros e áreas similares não possuem essa proteção ambiental e são considerados ambientalmente inadequados para a disposição final de resíduos (MMA, 2022).

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2022), a meta é eliminar os lixões até 2024 e substituí-los por métodos de disposição mais adequados. No entanto, vários estados brasileiros ainda estão distantes dessa meta devido à persistência de lixões e aterros controlados.

Essas áreas de disposição inadequada receberam cerca de 39% do total de resíduos coletados em 2022 no Brasil e estão presentes em todas as regiões do país (ABREMA, 2023), levando à contaminação do solo, o ar e as águas (superficiais e subterrâneas). Como consequência, proliferam os vetores de doenças, além de atraírem pessoas em condição de vulnerabilidade social (PESTANA, 2023).

Por outro lado, os aterros sanitários são obras de engenharia que desempenham um papel central na disposição final de resíduos sólidos urbanos. Estes locais não apenas recebem os resíduos, mas também servem como unidades de tratamento e contenção de impactos ambientais negativos, pois, são projetados para receber e dispor adequadamente os resíduos sólidos urbanos de forma controlada e ambientalmente segura (RAMOS, 2024).

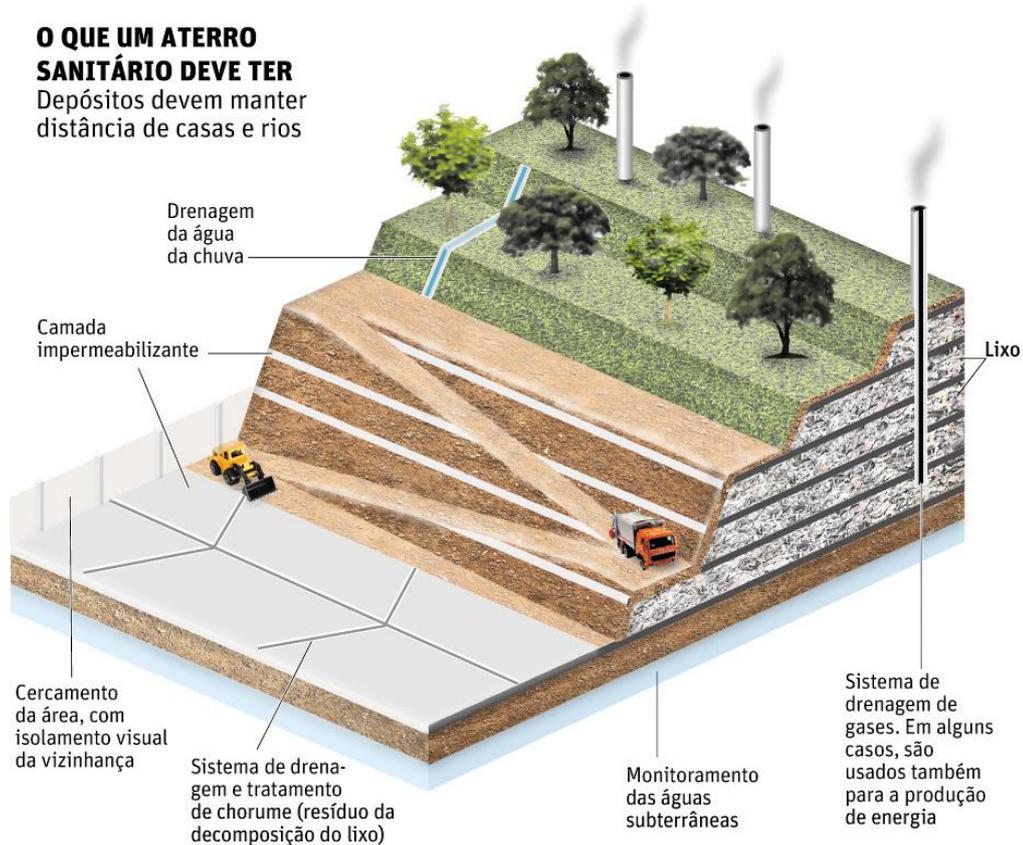
Os aterros sanitários possuem algumas características peculiares, como: seleção cuidadosa do local, geralmente situada a jusante dos assentamentos humanos e com geologia subjacente não porosa; uso de geomembranas ou barreiras adequadas para prevenir a lixiviação para o ambiente, juntamente com a tecnologia para a coleta e gestão dos lixiviados; recuperação de gás de aterro, que pode incluir a tarifação ou a recuperação de energia; disposição dos resíduos em células, com compactação e cobertura diária utilizando materiais inertes; e a implementação de cercas, básculas e outras medidas de segurança (PNUMA, 2024).

No Brasil, a NBR 8419/1992 caracteriza o aterro sanitário como:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, 1992).

As técnicas implementadas nos aterros sanitários envolvem sistemas de proteção ambiental, incluindo impermeabilização do fundo, drenagem de lixiviados, drenagem e aproveitamento de gases, drenagem de águas pluviais, aplicação de camadas de cobertura dos resíduos e monitoramento ambiental e geotécnico da área. Tais medidas são consideradas essenciais para garantir a qualidade e a durabilidade dessas instalações (SILVA, 2022). A Figura 10 apresenta o perfil da célula de aterramento de um aterro sanitário, contemplando área de preparação, área em operação e área encerrada.

Figura 10 - Aspectos básicos de engenharia ambiental de aterros sanitários



Fonte: PASSOS (2019)

Uma das problemáticas envolvidas nessa estratégia é que a decomposição dos resíduos biodegradáveis em aterros gera gás de aterro, também chamado biogás, que é rico em metano (CH_4), gás que tem um potencial de aquecimento global significativamente mais alto do que o dióxido de carbono (CO_2). Ainda que tenha um impacto mais intenso em termos de aquecimento, sua concentração na atmosfera é menor do que a do CO_2 (PNUMA; CCAL, 2022).

Assim, a redução das emissões de metano é uma estratégia importante para mitigar o aquecimento global a curto prazo. Para reduzir as emissões de metano originadas dos aterros sanitários, muitos países têm priorizado o desvio de resíduos biodegradáveis para a reciclagem e/ou para a compostagem e digestão anaeróbica. O incremento nos esforços voltados para a redução e reciclagem de resíduos diminuirá a quantidade de resíduos destinados aos aterros (PNUMA; CCAL, 2022).

Em virtude de seu potencial energético, o gás metano pode ser capturado e aproveitado como fonte de energia (RAMOS, 2024). O aproveitamento do biometano desempenha papel fundamental na diminuição das emissões de metano e dióxido de carbono na atmosfera (Moura, 2023). As emissões dos aterros podem ser capturadas por usinas de energia, permitindo a produção eficiente de eletricidade (TENG *et al.*, 2021).

A disposição de resíduos em aterros sanitários também resulta na geração de chorume, um efluente altamente poluente devido à sua composição complexa, que inclui uma alta concentração de matéria orgânica, compostos húmicos, compostos nitrogenados, metais pesados e sais inorgânicos (COSTA; ALFAIA; CAMPOS, 2019).

Os lixiviados de aterro são definidos como efluentes líquidos gerados pela percolação de águas pluviais através dos resíduos sólidos em aterros, bem como pela umidade dos resíduos e pelos produtos de sua degradação. O volume de chorume gerado é influenciado por fatores como precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial, infiltração, intrusão de águas subterrâneas no aterro e grau de compactação dos resíduos (COSTA; ALFAIA; CAMPOS, 2019).

Apesar de seus efeitos adversos, é provável que os aterros continuem a desempenhar um papel significativo na gestão dos resíduos, por ser um sistema de gerenciamento de resíduos simples, eficaz e muito mais baratos do que outras opções de descarte. A vigilância contínua dos aterros é essencial para monitorar e avaliar impactos ambientais (PNUMA; CCAL, 2022) (YAASHIKAA *et al.*, 2022).

Os custos associados aos aterros são variados e incluem despesas com transporte, aquisição de terrenos, construção e operação de aterros sanitários, além de sistemas para gerenciamento de chorume e de queima de gás de aterro (TENG *et al.*, 2021).

No Brasil, estima-se que 61% dos RSU coletados em 2022 (43,8 milhões de toneladas de resíduos) foram encaminhados para aterros sanitários. As regiões Sudeste e o Sul enviaram mais de 70% dos RSU coletados para aterros sanitários, apresentando índices melhores que a média nacional. Das outras regiões, todas com desempenho abaixo da média nacional, Norte e Nordeste, enviaram somente 37% dos resíduos coletados para uma destinação final ambientalmente adequada, o que denota as dificuldades envolvidas no gerenciamento de RSU nas regiões aqui envolvidas (ABREMA, 2023).

3.3 OBJETIVO

Analisar, comparativamente, os locais de destinação final de Resíduos Sólidos nos municípios de Boa Vista e Fortaleza.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

No tocante aos procedimentos metodológicos, realizou-se uma pesquisa descritiva e exploratória, com levantamento de características conhecidas dos processos estudados por meio de análise comparativa, com abordagem qualitativa das informações. A investigação utilizou como procedimentos metodológicos pesquisas bibliográficas, análise documental e levantamento de dados em campo por meio de observação direta, registros fotográficos e entrevistas com responsáveis pelos aterros sanitários.

A pesquisa foi realizada nos municípios de Boa Vista, capital do estado de Roraima e em Fortaleza, capital do estado do Ceará. A pesquisa bibliográfica envolveu busca nos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) dos municípios envolvidos. A coleta de dados *in loco* ocorreu no período de abril a dezembro de 2023.

Nas pesquisas de campo, foram realizados procedimentos de observação direta, anotações em diário de campo, registros fotográficos e entrevista com os responsáveis pelas unidades de processamento e destinação final de resíduos sólidos, de acordo com roteiro específico estabelecido previamente em instrumento de coleta de dados construído especificamente para atingir os objetivos deste estudo.

No município de Boa Vista, os dados foram coletados no Aterro Sanitário Municipal de Boa Vista. Em Fortaleza, os dados foram coletados no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC).

As categorias de análise utilizadas na comparação foram: antecedentes do aterro sanitário, estrutura operacional, impermeabilização e drenagem de efluentes, sistema de drenagem pluvial, sistemas de tratamento, monitoramento ambiental, presença de catadores no local e atividades de reaproveitamento/reciclagem de resíduos.

Como modelo de referência/sistema ideal, utilizou-se as normas NBR 8.419/92 (ABNT, 1992) e NBR 13.896/97 (ABNT, 1997), que abordam a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos e os critérios para seu projeto, implantação e operação, estabelecendo diretrizes rigorosas e critérios de segurança e monitoramento que objetivam prevenir acidentes e mitigar os impactos negativos no meio ambiente e na sociedade.

No que concerne aos aspectos éticos, a pesquisa ocorreu segundo o que estipula a Resolução 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, e obedeceu aos princípios de autonomia, beneficência, não maleficência e justiça. O projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Roraima e foi aprovado pelo Parecer consubstanciado do CEP nº 6.170.049. Houve também submissão do presente estudo às

prefeituras municipais de Boa Vista e Fortaleza para solicitar autorização para realização dos procedimentos *in loco*, tendo-se obtido autorização e posteriormente seguido para a coleta de dados.

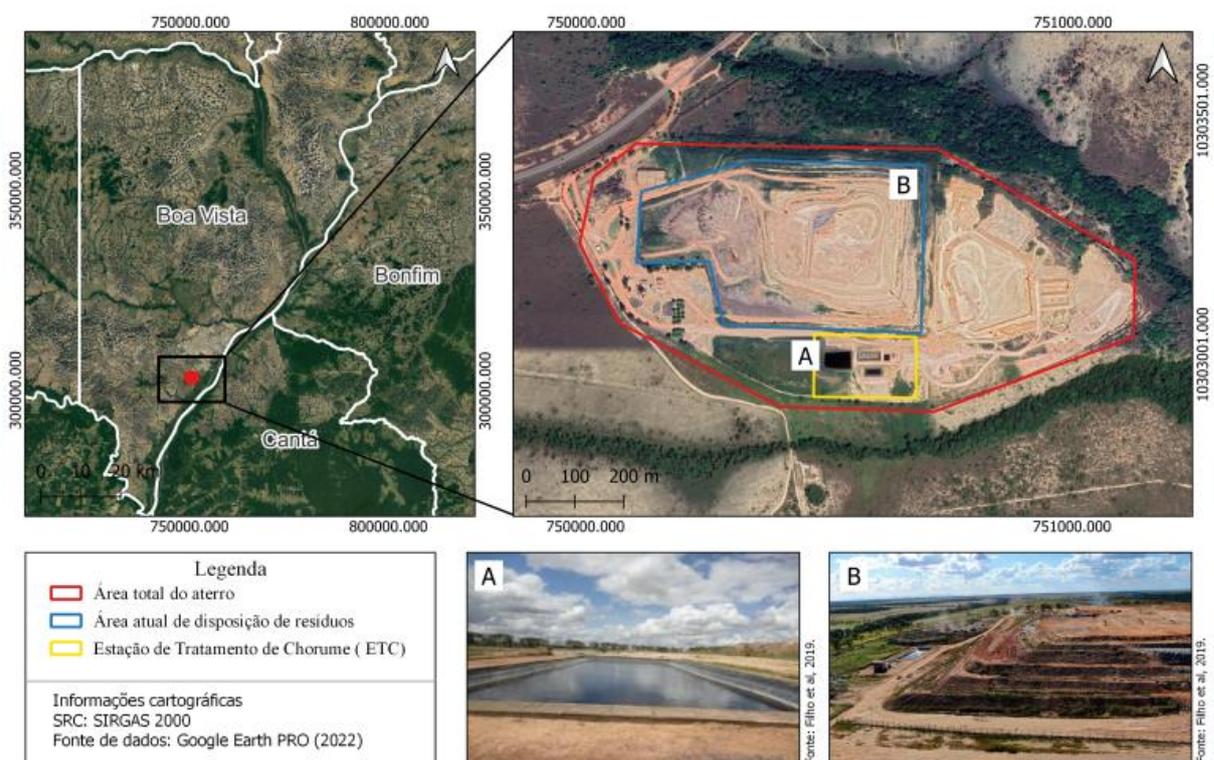
3.5 RESULTADOS: EXPLORANDO ATERROS SANITÁRIOS EM PERSPECTIVA ISOLADA E COMPARATIVA

A partir do roteiro pré-estabelecido, foi possível realizar a análise dos dois aterros sanitários comparados nesse estudo. Nesta primeira seção será realizada uma descrição de cada um dos aterros, e na sequência será realizada a discussão dos dados de forma comparativa e analítica.

3.5.1 Aterro Sanitário de Boa Vista

O Aterro Sanitário de Boa Vista está localizado na BR-174, na saída de Boa Vista em direção a Manaus, conforme Figura 11. O terreno utilizado é de propriedade do município, porém a operação do Aterro é de responsabilidade da empresa Sanepav Ambiental desde 2013. Os resíduos destinados ao aterro são provenientes exclusivamente da capital Boa Vista.

Figura 11 - Aterro Sanitário Municipal de Boa Vista



Fonte: Autoria própria, 2022

3.5.1.1 Antecedentes

O Aterro Sanitário de Boa Vista teve suas atividades iniciadas entre os anos de 2001 a 2002. A maior parte dos problemas atuais do Aterro Sanitário decorrem da ausência de planejamento à época do início de suas atividades e após muitos anos de seu funcionamento sem o atendimento às recomendações legalmente estabelecidas. As questões envolvem impactos socioambientais, desperdício de recursos naturais e financeiros, além de problemas de saúde pública.

Em seu histórico, é possível identificar que, entre os anos de 2014 a 2016, o aterro sanitário atingiu sua capacidade máxima, tornando-se um “lixão a céu aberto” e passivo ambiental. Estudos realizados por Souza e Andrade (2018) e Ferreira (2019) confirmaram que desde 2015 o aterro sanitário de Boa Vista não atendeu mais às perspectivas legais.

Junto à área de operação de acondicionamento dos resíduos, havia indícios da presença de catadores de materiais recicláveis. Em 2017 foi identificado a presença de crianças recolhendo alimentos em meio aos animais presentes na área. Muitas pessoas invadiram o aterro por meio de rotas clandestinas, inclusive em período noturno, com o objetivo de manter trabalho e renda provenientes da coleta de resíduos (SCACABAROSSO; PÉRICO, 2018; FARIAS, 2019). Noticiários apontam também indícios de prostituição infantil e consumo de drogas no local (ALTINO, 2022). Essas irregularidades, decorrentes de processos de exclusão social, colocavam pessoas em condições sub-humanas, sob risco de contaminação, doenças e acidentes, o que levou o Ministério Público do Trabalho a promover ações judiciais para fechamento do lixão (FERREIRA, 2019).

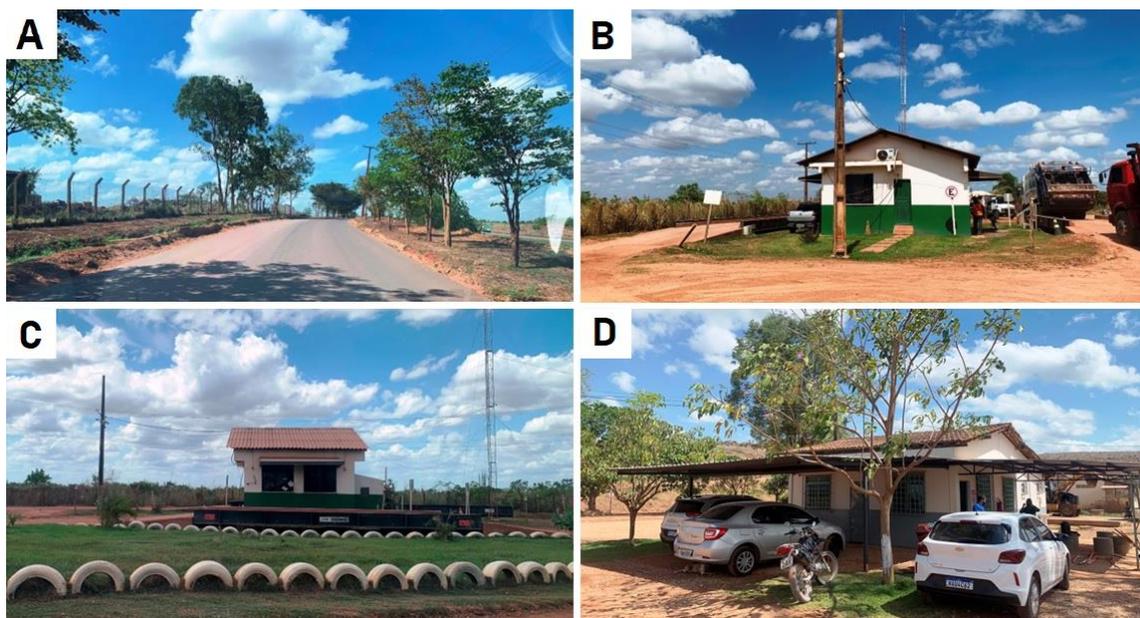
Ainda em 2017, já sob administração da empresa Sanepav, a segurança foi reforçada e o aterro foi fechado para o trabalho de catadores de materiais recicláveis. A prefeitura de Boa Vista, por sua vez, foi obrigada judicialmente a retirar as famílias que ali residiam e realizar a limpeza da área do aterro adjacente ao Igarapé Wai Grande, cujas águas já haviam sido comprometidas (FERREIRA, 2019).

Há relatos também de queima de resíduos no Aterro, fenômeno que ocasiona poluição atmosférica e compromete a saúde da população nos arredores (COSTA, 2015). No entanto, foi possível observar em visita ao local que atualmente essa prática não ocorre no aterro e que se tem buscado uma melhoria progressiva das recomendações legais de operação.

3.5.1.2 Estrutura operacional do Aterro

Sobre a área do Aterro, trata-se de um local restrito, com acesso rodoviário por vias asfaltadas, totalmente cercado e conta com guarita, segurança, placas de restrição de acesso e controle de entrada, além das instalações administrativas de apoio aos trabalhadores, conforme a Figura 12.

Figura 12 - Estrutura da área de entrada do Aterro Sanitário de Boa Vista. (A) Portão de entrada de veículos. (B) Área de pesagem de veículos e balanças rodoviárias (C) Estrutura administrativa. (D) Área de convivência dentro da estrutura administrativa.



Fonte: Autoria própria, 2023

Durante a visita in loco, houve informação da parte dos gestores que o projeto foi concebido sem planejamento em sua fase inicial, o que pode ter contribuído para uma série de consequências negativas: ausência de pontos de monitoramento ambiental e de técnicas de tratamento dos líquidos e dos gases, ausência de realização de estudos ambientais que deram subsídio às autorizações de instalação, operação e análises físico-químicas das águas subterrâneas.

Como resultado, durante muitos anos de seu funcionamento, o Aterro Sanitário não possuía nenhum controle em relação aos tipos de resíduos depositados, havendo relato de resíduos de saúde junto com resíduos sólidos urbanos. Estudos apontam que historicamente resíduos domiciliares e comerciais de baixa periculosidade foram depositados juntamente com os industriais e hospitalares, de alto poder poluidor, ainda que até hoje se desconheça a

magnitude dos reais impactos ocasionados no solo, ar e no lençol freático (BRASIL; PIRES; HAYD, 2019; FALCÃO; PINHEIRO; OLIVEIRA, 2012).

Cabe salientar que os aterros sanitários classe II devem receber somente resíduos sólidos que não oferecem riscos ao meio ambiente e à saúde, em especial os originados no meio urbano, excluindo-se os resíduos perigosos de diversas naturezas, que devem ser destinados para outros aterros ou métodos de tratamento específicos (ABNT, 2004; PESTANA, 2023).

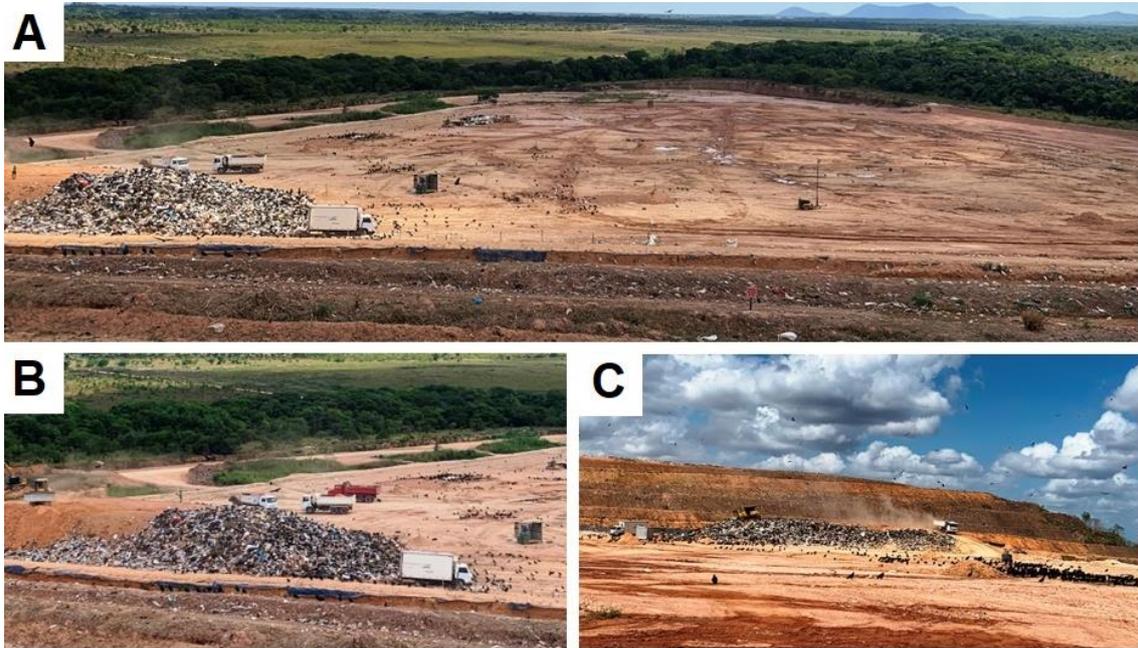
Atualmente, o aterro opera suas atividades com regularidade. Foi-nos apresentada pelos gestores locais uma cópia de Licença de Operação (Autorização de Operação nº 326/2017), expedida pela Prefeitura de Boa Vista à empresa Sanepav, para operação e manutenção do Aterro Sanitário, ainda que a licença está condicionada a algumas “exigências e recomendações” que não nos foram apresentadas. No entanto, o referido documento foi emitido em setembro de 2017, com validade de 04 anos, tendo seu tempo de validade já expirado em setembro de 2021.

A área de operação do Aterro de Boa Vista está dividida em duas grandes áreas, sendo a primeira parte formada pelo conjunto das células da estrutura mais antiga, contendo o acúmulo de resíduos formando um talude, cujas atividades já foram encerradas. De acordo com Cudjoe *et al.* (2021), a mitigação de aterros sanitários desativados é um processo essencial para minimizar os impactos ambientais e de saúde associados a áreas que foram utilizadas para a disposição de resíduos. Trata-se de uma tarefa complexa e que demanda volume importante de recursos financeiros.

Isso ocorre devido às atividades de decomposição que continuam em operação mesmo após a desativação da área do aterro ou lixão, resultando na persistência da produção de lixiviado contaminado por um período que pode variar de 20 a 50 anos (SALES E SOUZA *et al.*, 2021).

Já na área nova do Aterro de Boa Vista, de construção mais recente, tem-se buscado implementar os mecanismos de engenharia de aterros sanitários, com impermeabilização do solo e mecanismos de drenagem dos efluentes, conforme Figura 13.

Figura 13 - Célula em operação atualmente (A) – área de operação completa. (B) Caminhões realizando a compactação e o recobrimento dos resíduos. (C) vista da célula em operação e do maciço das células desativadas.

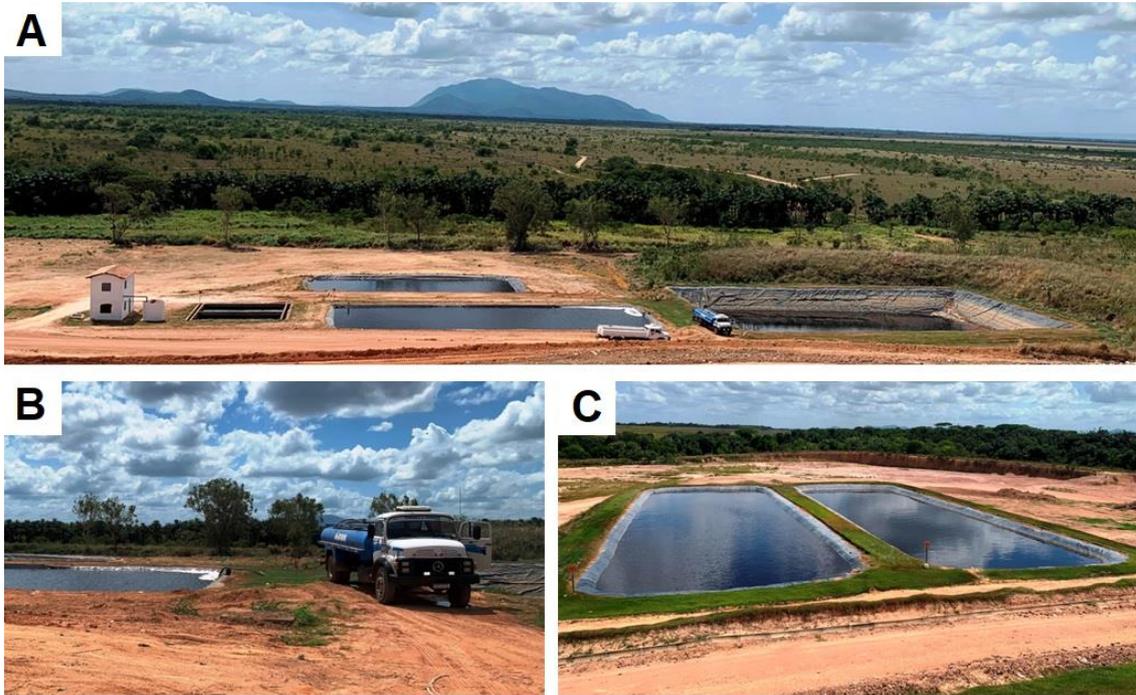


Fonte: Autoria própria, 2023

Na parte do talude antigo (Figura 13-C), os resíduos das células cujas atividades já foram encerradas produzem chorume, que se encontra em armazenamento e sob monitoramento em lagoas de acumulação.

Atualmente, existem 4 lagoas de chorume do aterro antigo e mais 2 na estrutura nova em operação, conforme Figura 14.

Figura 14 - Lagoas de chorume. (A) Lagoas de chorume das células antigas e estação de tratamento desativada. (B) Caminhão-pipa realizando a recirculação do chorume. (C) - Duas lagoas da nova célula de operação, atualmente em funcionamento.



Fonte: Autoria própria, 2023

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM, 2023), uma nova área de aterro está sendo estudada e em breve será definida, considerando o fim da vida útil do aterro atual. O documento apresenta inclusive um mapa, conforme Figura 15, porém ao se visitar o local não se observou nenhuma atividade no sentido da construção desta nova área do aterro. Ao perguntar sobre a nova área, os responsáveis pelo aterro não souberam dar maiores informações.

Figura 15 – Projeção de nova área para o Aterro Sanitário de Boa Vista.



Fonte: IBAM (2023)

3.5.1.3 Impermeabilização e drenagem de efluentes

Sobre a impermeabilização do Aterro de Boa Vista, foi-nos informado que, atualmente, há impermeabilização de base com argila e manta, além da cobertura com camadas de argila após disposição dos resíduos, o que evidencia os esforços da gestão para adequar a estrutura à NBR N° 13.1896/97 (ABNT, 1997).

Cabe salientar que a impermeabilização da área de operação atual nem sempre ocorreu. Os responsáveis pela Sanepav informaram que não possuem informações de como ocorreu a operação no aterro sanitário no período anterior ao contrato da empresa, que durou de 2001 até 2013, dada à ausência de planejamento anteriormente mencionada neste estudo.

O chorume de aterros sanitários representa uma grave preocupação para as comunidades devido à presença de substâncias perigosas. Este efluente contém elevadas concentrações de poluentes orgânicos, sais, amônia, nitrogênio e metais pesados, além de materiais orgânicos xenobióticos, como ftalatos. Além disso, o chorume pode infiltrar-se no solo e contaminar as águas subterrâneas. Portanto, o manejo inadequado do chorume é perigoso e pode resultar em sérios problemas ambientais e sociais (ZAMRISHAM *et al.*, 2023).

A esse respeito, Souza e Andrade (2018) identificaram áreas de contaminação na porção norte, nordeste e noroeste do aterro, com sugestão de migração para as camadas inferiores, por conta da porosidade do material arenoso e pelo potencial gravitacional da área investigada, notadamente em direção à porção norte do igarapé Auai Grande, que fica a cerca de 150 metros do local, podendo ser afetado diretamente por contaminantes produzidos pelo aterro, devido à interligação pelo fluxo subterrâneo. Os autores relatam, ainda, indícios de carência da mata ciliar, pontos visíveis de assoreamentos, indícios de queimadas de resíduos sólidos e odor desagradável da água, em decorrência de ação antrópica (ALTINO, 2022; SOUZA; ANDRADE, 2018; FARIAS, 2019).

Por fim, cumpre ainda salientar que, próximo ao aterro sanitário de Boa Vista, existe um conjunto habitacional denominado Pérolas do Rio Branco, em que há relatos de que a população sofre com efeitos que o aterro ocasiona. Relato dos moradores de 2015 dão conta de que insetos são atraídos pelo lixo no local (COSTA, 2015).

No tocante à drenagem de efluentes líquidos, há sistema de drenagem e coleta do líquido percolado, que é direcionado para captação em lagoa de acumulação, conforme apresentado na Figura 14. Após o transporte, o chorume passa por um tratamento destinado a reduzir sua carga poluente e odor, sendo liberado na natureza somente após essa etapa de tratamento.

Atualmente, diversas tecnologias estão disponíveis para o tratamento de chorume de aterro. As opções incluem: processos biológicos (lodos ativados, lagoas de estabilização aeróbica e anaeróbica e filtros biológicos); processos físico-químicos (como flotação, coagulação/floculação, adsorção, precipitação química, ajuste de pH, oxidação química, troca iônica e tratamento eletroquímico); filtração por membranas (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa); tratamentos oxidativos avançados (processo Fenton e ozonização) e sistemas naturais (COSTA; ALFAIA; CAMPOS, 2019).

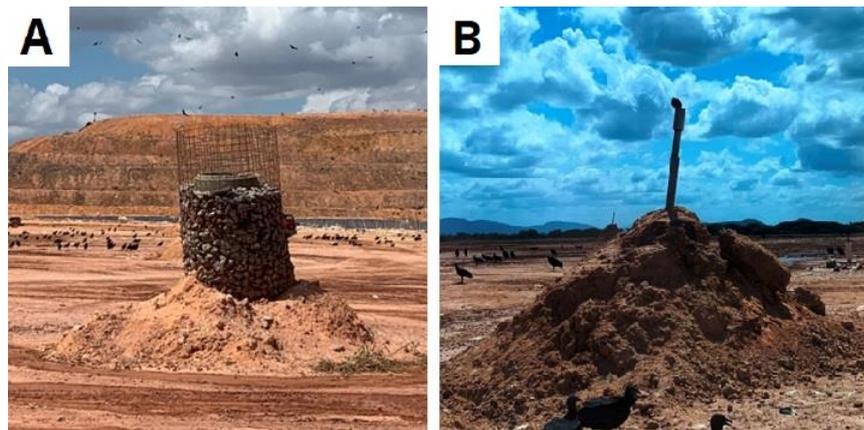
No Brasil, muitas cidades enfrentam dificuldades no tratamento de efluentes de aterros sanitários. A aplicação exclusiva de lagoas de estabilização pode ser inadequada para lixiviados mais antigos. Com o tempo, a remoção de compostos refratários torna-se mais difícil, exigindo tecnologias mais avançadas e custos mais elevados. Assim, é necessário combinar tratamentos complementares para lidar com a complexidade crescente do chorume (COSTA; ALFAIA; CAMPOS, 2019).

Já em relação aos gases gerados, na estrutura antiga do Aterro Sanitário de Boa Vista, concebida sem planejamento, não há sistema de drenagem de gases. Historicamente tem sido apontados riscos de incêndios, causados pelos gases gerados pela decomposição dos resíduos;

e também de escorregamentos, quando da formação de pilhas muito íngremes, sem critérios técnicos adequados (BRASIL; PIRES; HAYD, 2019).

Na célula nova do Aterro de Boa Vista, atualmente em operação, foi possível visualizar que ocorre drenagem dos gases, seguido de combustão. Os drenos verticais foram projetados para o aterro constituídos por tubos perfurados de concreto armado, envolvidos por pedras britadas e por um queimador tipo *flare* devidamente instalado na saída dos drenos, de modo semelhante aos drenos instalados no ASMOC, conforme Figura 16.

Figura 16 - Sistema de drenagem de gases. A - Dreno vertical. B - queimador tipo *flare*



Fonte: Autoria própria, 2023

3.5.1.4 Sistema de drenagem pluvial

Diferentes técnicas, como revestimentos, camadas de impermeabilização e cobertura, são aplicadas para controlar a entrada de água da chuva no aterro e, conseqüentemente, reduzir o volume de chorume gerado (COSTA; ALFAIA; CAMPOS, 2019). Na visita in loco, obteve-se informação de que existe sistema de drenagem de águas pluviais no Aterro de Boa Vista. Porém não foi possível visualizar nenhuma estrutura que possa realizar essa atividade no aterro.

3.5.1.5 Sistemas de tratamento

Como mencionado, o aterro de Boa Vista conta com uma Estação de Tratamento de Chorume – ETC que possui um total de 6 lagoas anaeróbias. Há uma estrutura predial edificada ao lado das 4 lagoas da estrutura antiga (Figura 12-A), porém a estrutura está abandonada e, segundo informações dos gestores, nunca funcionou efetivamente, situação que demonstra potenciais problemas e riscos de contaminação do solo e dos igarapés adjacentes, ainda que as lagoas estejam revestidas com manta de proteção

Por fim, foi possível observar que a operação do aterro contempla prática de recirculação do líquido sobre o maciço por meio de caminhão pipa (Figura 12-B) o que reduz a quantidade de chorume nas lagoas e auxilia os processos de biodegradação e decomposição no maciço. Essa técnica, embora eficaz, apresenta desvantagens estruturais, como a instabilidade dos taludes devido ao acúmulo de líquidos na massa de resíduos, além de expor os trabalhadores a riscos à saúde devido ao contato direto com o efluente.

Inexiste no aterro qualquer sistema de tratamento ou reaproveitamento de gases.

3.5.1.6 Monitoramento Ambiental

Sobre o monitoramento ambiental do Aterro de Boa Vista, obteve-se informação de que ocorre o monitoramento de águas superficiais e subterrâneas, além de monitoramento geotécnico com auxílio topográfico, que realiza atividade de leitura dos marcos superficiais, o que se considera de suma importância, dada a necessidade obtenção de parâmetros geotécnicos, análise do comportamento mecânico do aterro e estabilidade dos taludes e prevenção de acidentes. Não ocorre monitoramento do ar. Não obtivemos informação sobre monitoramento dos gases, limitando-se à informação de que os mesmos são queimados.

Na área de operação do aterro, ocorre compactação e recobrimento dos resíduos com sedimento. Não foi identificado presença de animais na área, à exceção de muitas aves. Há um dispositivo chamado “espanta-urubu” que é utilizado e produz disparos sonoros com finalidade de dispersar a grande quantidade de aves no local. Ainda que não tenhamos visualizado *in loco*, foi relatado que por vezes cachorros adentram a área do aterro.

3.5.1.7 Presença de catadores

Apesar do histórico de denúncias de catadores no local, foi possível constatar que desde o ano de 2016 não existem mais catadores no espaço do aterro sanitário, o que de fato também foi possível observar.

Em 2014 foi instalada uma Usina de Reciclagem e Renda de Roraima, que tinha como objetivo colaborar na organização e estruturação dos catadores de materiais recicláveis, que compõem a cooperativa Unirenda, equipamento adquirido pela Federação das Indústrias do Estado de Roraima (FIER), como recursos obtidos junto ao Consulado do Japão (COSTA, 2015). A cooperativa funcionou por algum tempo, mas encerrou suas atividades e a sua estrutura está abandonada, conforme se observa na Figura 17.

O PMGIRS Boa Vista relata, ainda, a existência de outras duas cooperativas: a Associação Global de Materiais Recicláveis e a Associação de Catadores de Materiais Recicláveis Terra Viva.

Figura 17 - Antigo galpão da Usina de Reciclagem e Renda de Roraima



Fonte: Autoria própria, 2023

3.5.1.8 Atividades de reaproveitamento/reciclagem de resíduos

Não foi identificada nenhuma atividade de aproveitamento de resíduos na área do aterro. Identificamos que há no local um equipamento de reciclagem de resíduos da construção civil, conforme Figura 18, porém não está em utilização atualmente. Informaram-nos na visita que o aterro não recebe resíduos da construção civil.

Figura 18 - Equipamento de reciclagem de Resíduos da Construção Civil



Fonte: Autoria própria, 2023

Em seu estágio atual, o Aterro Sanitário de Boa Vista ainda não conseguiu fazer as mudanças necessárias para se adequar corretamente à condição de Aterro Sanitário, sendo melhor caracterizado como Aterro Controlado, visto que possui apenas parte das características necessárias nesse processo.

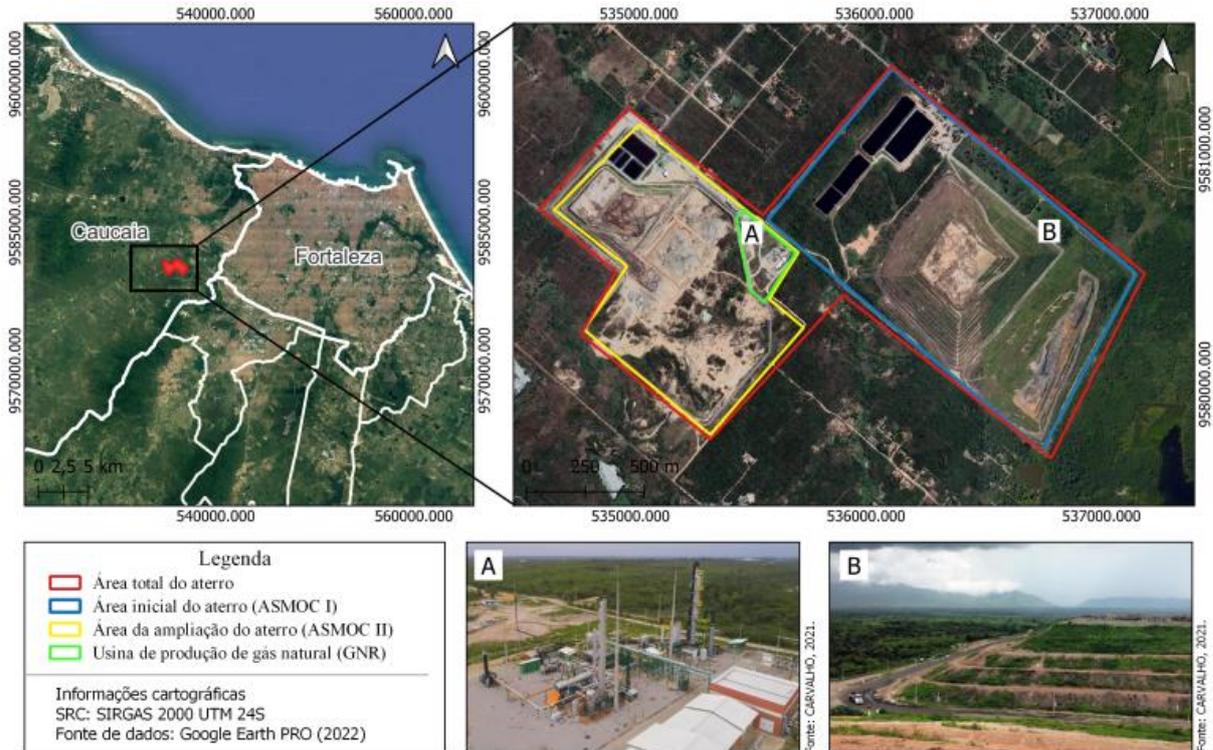
Os aterros controlados podem ser vistos como uma solução intermediária entre os lixões a céu aberto e os aterros sanitários. Eles envolvem o processo de isolamento dos lixões antigos, mas incorporam sistemas de drenagem de chorume e gases, compactação dos resíduos e cobertura das células ao final do dia de trabalho. No entanto, a ausência de impermeabilização na base e a inadequada gestão do chorume em aterros controlados podem levar à poluição localizada, afetando a qualidade das águas superficiais e subterrâneas (COSTA; ALFAIA; CAMPOS, 2019).

Assim, os resíduos depositados e comprimidos em aterros podem ter um impacto na saúde do solo e no abastecimento de água subterrânea por muitos anos após o fechamento do aterro, situação que se assemelha à área desativada do antigo aterro. Estruturas antigas de lixão ou aterros controlados apresentam risco de deslizamentos, com múltiplas ocorrências fatais todos os anos, tornando sua remediação uma necessidade urgente (YAASHIKAA et al., 2022).

3.5.2 Aterro Sanitário de Caucaia

Todos os resíduos gerados no município de Fortaleza são destinados ao Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), que está localizado no município de Caucaia, na margem esquerda da BR-020, à altura do km 15, a 1,6km da rodovia. O ASMOC conta com uma área total de 123 ha, dos quais 78 hectares destinam-se ao recebimento dos RSU. Informações prestadas pelos gestores dão conta de uma atividade diária que recebe em média 6 mil toneladas de resíduos provenientes de um aglomerado populacional de cerca de 3 milhões de pessoas.

Figura 19 - Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC)



Fonte: Autoria própria, 2023

Durante as visitas, foi-nos informado que ocorre também o recebimento de resíduos gerados em empresas particulares e grandes geradores. Os resíduos de ambos os municípios são provenientes de atividades de coleta domiciliar, comercial, varrição, capinação, serviços de saúde, dentre outros.

3.5.2.1 Antecedentes

Em sua planta inicial, o aterro sanitário foi projetado em 17 setores e subdividido em 67 trincheiras, cada uma com uma área aproximadamente igual a 101 x 71 metros e com profundidade entre 2 a 5 metros, de acordo com dados do PMGIRS (ACFOR, 2012). Durante vários momentos o ASMOC passou por ampliações em sua área. Mas, com o esgotamento do local (Figura 17-B), foi necessária a aquisição de uma nova área de tamanho similar ao anterior. Assim, no ano de 2014, foi realizada a compra de um terreno com 23 hectares ao lado do ASMOC e instalou-se o novo aterro sanitário, também denominado ASMOC II, conforme Figura 17-A.

O novo aterro sanitário teve suas atividades iniciadas no ano de 2019, quando passou a receber os RSU do município de Fortaleza. O aterro atualmente é administrado pela Ecofor Ambiental S/A do Grupo Marquise em regime de concessão e fiscalizado pela Autarquia de

Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental – ACFOR.

Nesse interim, no ano de 2018 foi concluída a obra de instalação da usina de biogás GNR (Gás Natural Renovável) Fortaleza com o objetivo de captar os gases gerados no ASMOC e produzir biometano a partir dos resíduos (CARVALHO *et al.*, 2021).

De acordo com o Relatório de Impacto Ambiental apresentado à Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), após o processo de ampliação, o ASMOC teve sua área dimensionada para atender à demanda de resíduos até o ano de 2034 (ECOFOR, 2011).

3.5.2.2 Estrutura operacional do Aterro

Os dados do ASMOC foram coletados em visitas realizadas no segundo semestre de 2023. A área é totalmente cercada com um muro de concreto na área de entrada e com cerca aramada em toda a sua extensão, conforme Figura 18-A. Há vigilância armada diurna e noturna na unidade.

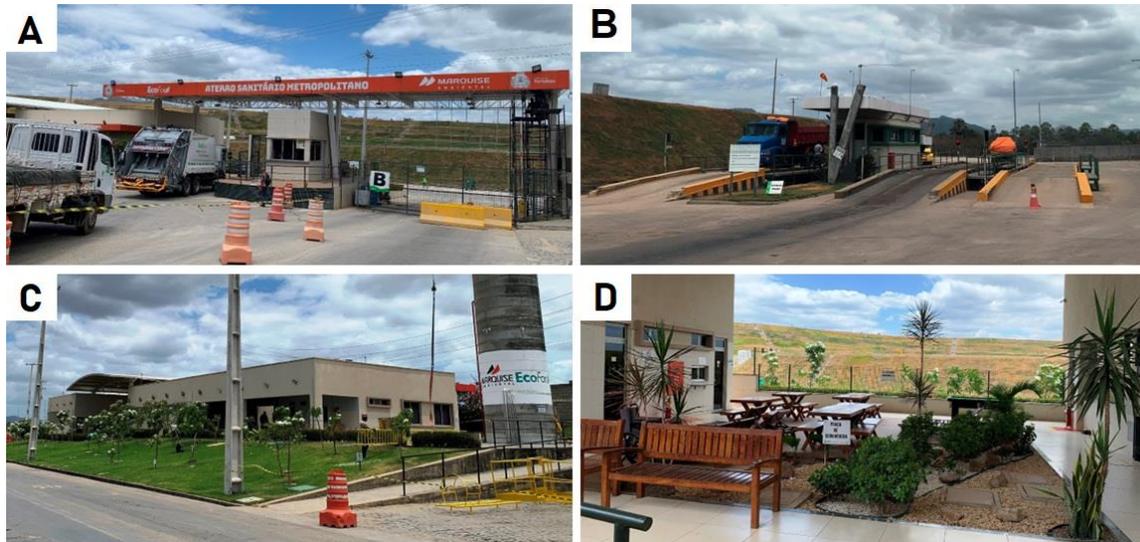
O controle da pesagem é formado por três balanças rodoviárias (Fig. 16-B), sendo uma para captação do peso na entrada e outra na saída de veículos, além de uma balança reserva. Os veículos são pesados na entrada e na saída. Cada balança tem capacidade de 80 toneladas. Todo o sistema é informatizado e funciona através de câmeras fixadas na balança de entrada e de saída.

Todos os veículos que circulam no local são cadastrados previamente. A captação da informação sobre o peso do veículo acontece automaticamente, há apenas o registro da placa. O controle de pesagem no ASMOC é gerenciado pela concessionária que administra o aterro e estes dados também são captados por um sistema instalado na Agência Reguladora – ACFOR, que consegue, em tempo real, monitorar todo o processo de pesagem dos veículos.

De modo geral, é possível observar uma maior informatização e uso de tecnologia nos serviços de coleta e monitoramento de dados, em comparação com o Aterro de Boa Vista.

Existem instalações administrativas e de apoio aos trabalhadores (Fig. 20-C). O ambiente é formado por salas totalmente climatizadas com divisórias para os trabalhadores. Há espaço de convivência na área administrativa, conforme Figura 20-D.

Figura 20 - Estrutura da área de entrada do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia. (A) Portão de entrada de veículos. (B) Área de pesagem de veículos e balanças rodoviárias (C) Estrutura administrativa. (D) Área de convivência dentro da estrutura administrativa.



Fonte: Autoria própria, 2023

3.5.2.3 Impermeabilização e drenagem de efluentes

A base do Aterro possui sistema de impermeabilização formado por várias camadas de múltiplos materiais: solo compactado 60cm, manta PEAD 2mm totalmente soldada, manta geotêxtil para proteção mecânica e uma cama de solo de 40cm, que é a camada mais superficial. A partir da chegada dos resíduos no aterro sanitário, os materiais são compactados recobertos com argila. Assim, observamos a impermeabilização de base deste aterro sanitário atende plenamente a NBR N° 13.1896/97 (ABNT, 1997).

No que diz respeito à drenagem de efluentes, o ASMOC dispõe um sistema de drenagem e aproveitamento tanto para o chorume (efluente líquido) como para o biogás (efluente gasoso).

A drenagem dos líquidos percolados é realizada através de drenos no fundo das trincheiras em forma de espinha de peixe, seguindo a uma rede coletora, que por gravidade alimenta a estação elevatória e então são bombeados para as lagoas de tratamento, onde é realizado o tratamento do percolado (ACFOR, 2012).

No total existem 5 lagoas de tratamento de chorume na estrutura do aterro antigo, cujas atividades já foram encerradas, porém o líquido e os gases ainda são submetidos a tratamentos. As lagoas do aterro antigo foram reformadas visando atender a melhores padrões de qualidade. Os gases gerados no aterro antigo são capturados e transportados para a GNR Fortaleza.

A estrutura nova do Aterro possui 04 lagoas de chorume atualmente em operação, além da lagoa de água tratada, conforme Figura 21. O aterro possui 6 poços de monitoramento da água subterrânea, sendo 3 a montante e 3 a jusante.

Figura 21 - Vista aérea das lagoas de chorume do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia



Fonte: FORTE (2022)

De acordo com o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do ASMOC, os dispositivos de drenagem do lixiviado são drenos na fundação e drenos horizontais de lixiviado. Tais drenos se interligam com os drenos verticais de gás, levando o lixiviado até a base do aterro, onde o lixiviado é coletado e conduzido aos poços de visita localizados nas adjacências das vias e depois encaminhado ao Sistema de Tratamento de Lixiviados – STL, no qual o chorume é direcionado para as lagoas de estabilização por gravidade até as lagoas onde é realizado o armazenamento e o tratamento dos efluentes (ECOFOR, 2011).

Já os drenos verticais projetados para este aterro são constituídos por tubos perfurados de concreto armado, envolvidos por pedras britadas, conforme Figura 22.

Figura 22 - Dreno de concreto vertical revestido por malha de ferro



Fonte: Autoria própria, 2023

Estudo realizado por Gomes *et al.* (2024) identificou que o funcionamento do aterro sanitário não interferiu na qualidade da água subterrânea pelos parâmetros e no período estudado, com exceção dos cloretos, ainda que tenha ressaltado que o ideal é que seja realizado o monitoramento anterior a implantação do aterro para classificação de qualidade e determinação dos valores de referência, o que não aconteceu.

3.5.2.4 Sistema de drenagem pluvial

Há sistema de drenagem de águas pluviais no aterro, cuja função é recolher água da chuva e desviá-las para fora do aterro sanitário, reduzindo o volume do percolado gerado. O processo evita a erosão, garante o mínimo de infiltração e resulta em menor produção do chorume e menor custo do tratamento do lixiviado (ECOFOR, 2011).

O sistema de drenagem pluvial compreende canaletas e canais de diferentes geometrias e dimensionamentos, descidas hidráulicas em colchão reno, caixas de passagem em gabião e alvenaria, galerias em tubos de concreto nas travessias e dissipadores em pedra rachão.

A proteção dos taludes do maciço ocorre por elementos de drenagem provisórios, como canaletas de berma, canais e descidas hidráulicas em concreto e alvenaria, além do plantio de grama, conforme Figura 23.

Figura 23 - Sistema de drenagem pluvial e cobertura vegetal



Fonte: Autoria própria, 2023

3.5.2.5 Sistemas de Tratamento

O ASMOC possui sistemas de tratamentos dos efluentes líquidos e gases. Além das lagoas de estabilização, há uma unidade de tratamento de líquido percolado na área interna da unidade por osmose reversa, conforme Figura 24. Há drenos nas lagoas que levam o líquido para a Estação de Tratamento de Efluentes para passar pelo tratamento. De acordo com informações dos gestores, o processo de osmose reversa foi escolhido pelo fato de ter bons resultados, ser um processo majoritariamente físico e também pela economia de espaço no local.

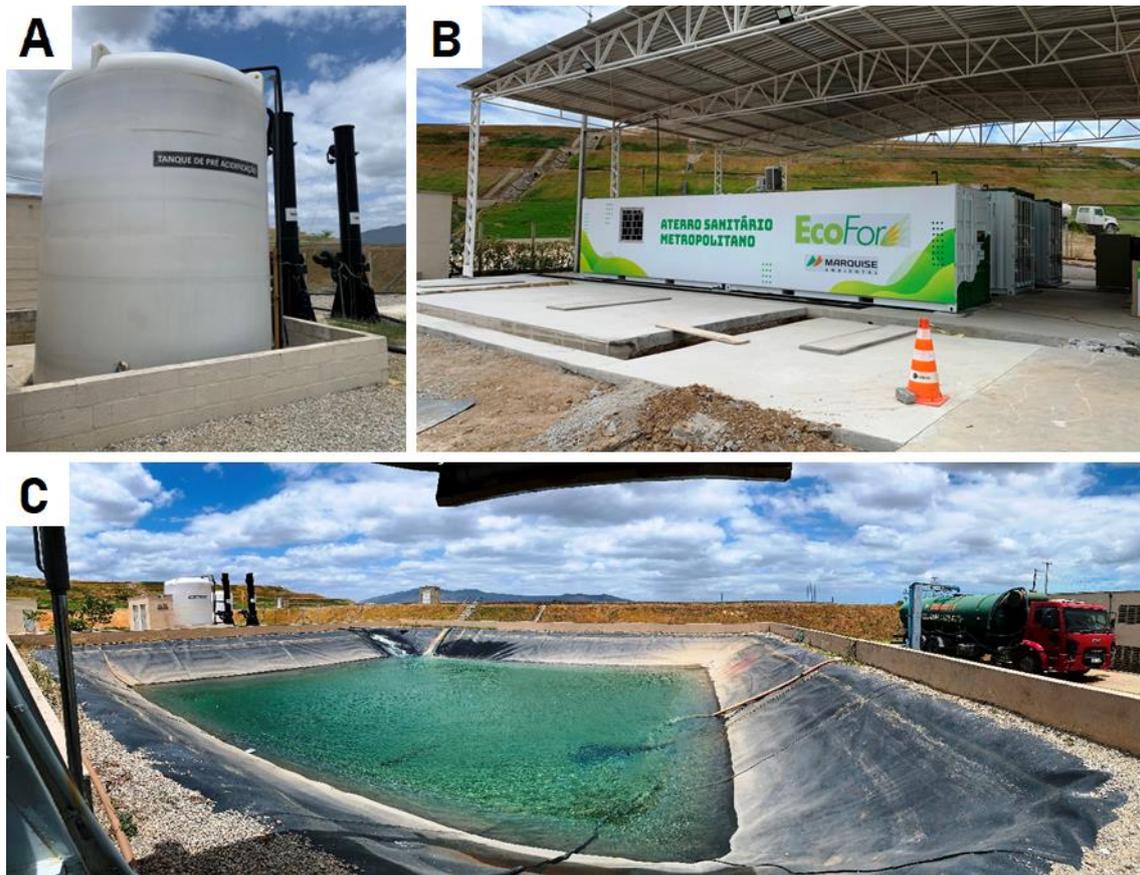
Para armazenamento da água gerada após o lixiviado ter passado pelo processo de osmose reversa, há uma décima lagoa no ASMOC, que difere de todas as outras pelo fato de a água tratada ser límpida e cristalina, Figura 24-C.

A tecnologia de filtragem por membrana, como a osmose reversa, é amplamente aplicada na América do Norte para águas residuais e chorume de aterros sanitários. Esses sistemas têm sido bem sucedidos na remoção de compostos orgânicos, inorgânicos e metais pesados, frequentemente como uma etapa adicional aos tratamentos convencionais. No entanto, é essencial selecionar um pré-tratamento apropriado para minimizar a formação de incrustações nas membranas (COSTA; ALFAIA; CAMPOS, 2019).

No caso do tratamento do ASMOC, a etapa de pré-tratamento ocorre por meio de processo químico em tanque de pré-acidificação (Figura 24-A), processo por meio do qual ocorre a adição de um ácido para ajustar o pH da água antes que passe pelo sistema de osmose reversa. A pré-acidificação ajuda a garantir que o pH da água esteja dentro da faixa ideal para o processo de osmose reversa. Além disso, a acidificação pode ajudar a dissolver alguns contaminantes ou compostos que poderiam ser mais difíceis de remover se a água estivesse muito alcalina (COSTA; ALFAIA; CAMPOS, 2019).

A água proveniente do tratamento é utilizada na operação do próprio aterro para irrigação de: grama, vias internas, taludes, gramados, mudas e lavagem de caminhões, evitando-se, assim, o desperdício de água do abastecimento público. Cabe salientar que o rejeito do tratamento por osmose reversa do ASMOC, que corresponde a 25% do lixiviado não filtrado pelas membranas, é devolvido às lagoas e posteriormente submetido à recirculação por meio de caminhões pipa no maciço antigo.

Figura 24 - Tratamento do chorume por osmose reversa. (A) Tanques de pré-acidificação (B) área administrativa e módulos de osmose reversa (C) Lagoa do permeado – Água desmineralizada após tratamento por osmose reversa



Fonte: Autoria própria, 2023

Foi possível observar que os dois aterros possuem um sistema de recirculação do efluente por meio de caminhões pipa e sistema de aspersores, por meio dos quais o chorume é despejado sobre o maciço de resíduos, criando um circuito fechado que, além de reduzir o efluente das lagoas, cujo tratamento tem custo elevado, ajuda no processo de decomposição de matéria orgânica do próprio aterro.

Em relação ao sistema de tratamento e beneficiamento de gases, o sistema do ASMOC opera em escala piloto desde dezembro de 2017 e foi inaugurado em abril de 2018. A empresa GNR Fortaleza produz combustível renovável usado para abastecer veículos, indústrias, comércio e residências (CEARÁ, 2021).

A GNR Fortaleza se destaca como a primeira usina de tratamento do biogás do Norte e Nordeste e possui um sofisticado sistema de tratamento de gás natural renovável, tendo atingido a capacidade de produção de 100 mil m³ de biometano por dia, tornando-se a segunda maior unidade do gênero do País e atendendo a cerca de 20% do consumo de gás natural do Ceará, de acordo com dados da Marquise Ambiental (MARQUISE AMBIENTAL, 2024).

A concepção deste sistema consiste na implantação de cerca de 150 drenos horizontais e verticais que permitam a drenagem dos gases e sua combustão em queimadores/flares diretamente instalados nos drenos verticais, bem como a produção de biometano em uma unidade de purificação com tecnologia de absorção.

A usina injeta toda a sua capacidade de produção de gás na rede da companhia de Gás do Ceará (Cegás), tornando-se tanto uma alternativa energética quando beneficiando o meio ambiente (BEZERRA, 2020).

O investimento na planta por parte da GNR Fortaleza foi de cerca de R\$ 100 milhões, além de outros 22 milhões investidos pela Cegás para construção da estação de transferência e instalação de 23 km de gasoduto para conexão com o empreendimento (SAMPAIO, 2020).

Figura 25 - Usina de valorização do biogás



Fonte: Autoria própria, 2023

3.5.2.6 Monitoramento Ambiental

O monitoramento no ASMOC é realizado por empresas terceirizadas que prestam serviços ao município ou à Marquise Ambiental. Obteve-se informação de que o mesmo é realizado por empresas terceirizadas que prestam serviços ao município ou à empresa Marquise Ambiental. Há monitoramento dos gases, monitoramento geotécnico, que ocorre no solo e subsolo, além de monitoramento da água do subsolo e águas superficiais. O monitoramento da qualidade do ar ocorre semestralmente. Não há descarte de resíduos perigosos. O aterro possui licença ambiental pela SEMACE, órgão estadual.

A vigilância contínua dos aterros é essencial para monitorar e avaliar impactos ambientais. Avanços tecnológicos na recuperação de gases de aterros e melhorias nos sistemas de monitoramento são necessários para otimizar a recuperação de bioenergia (YAASHIKAA et al., 2022)

3.5.2.7 Presença de catadores

Não houve identificação da presença de catadores nem domicílios de catadores no local.

3.5.2.8 Atividades de reaproveitamento/reciclagem de resíduos

No espaço do ASMOC há um sistema de tratamento dos resíduos orgânicos, conforme Figura 26, no qual algumas estruturas, de forma sistemática e organizada, recebem, processam, acondicionam e utilizam os resíduos para produção de mudas e hortaliças, em uma unidade de compostagem, instalada em 2019, em que é produzido adubo por meio da reciclagem dos resíduos orgânicos, principalmente aquele advindo de grandes geradores.

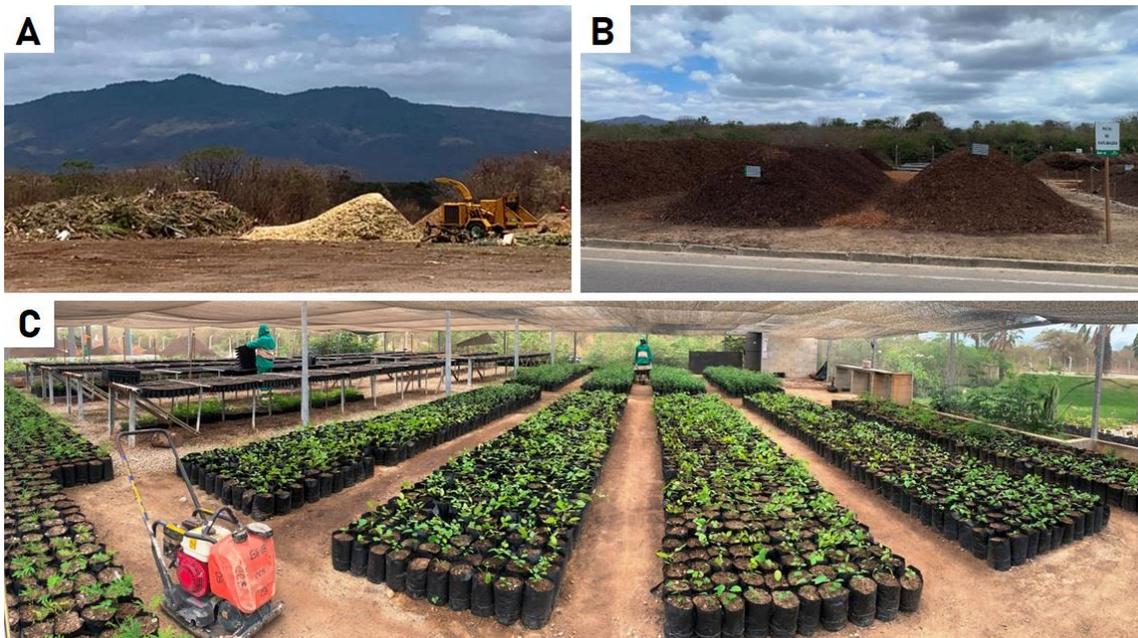
A compostagem é um processo de transformação de matéria orgânica em adubos que, por serem ricos em nutrientes, atuam como fertilizantes do solo, para utilização em plantios e recuperação de áreas degradadas. A compostagem é uma medida de redução da quantidade de resíduos enviados para os aterros sanitários. Sua implementação exige planejamento preliminar em relação aos custos, logística de transporte, operações de instalação e utilização do composto produzido (ALCÂNTARA; IWATA, 2024).

A compostagem é um método amplamente utilizado para o tratamento de resíduos orgânicos, porém sua eficácia pode ser influenciada por diversos fatores, como a composição dos resíduos, a taxa de fluxo de gases, a demanda de oxigênio, as características da reciclagem, a umidade relativa e a alcalinidade (YAASHIKAA et al., 2022).

A fração orgânica do processo é alimentada com fonte de carbono proveniente de resíduos de poda de árvores, que são trituradas em um espaço reservado para este fim e posteriormente utilizadas no processo de compostagem. Todos os resíduos de poda proveniente dos municípios de Fortaleza e Caucaia são aproveitados no ASMOC.

O composto produzido é aproveitado dentro do próprio aterro, em um viveiro de mudas, que são doadas em benefício de uma escola e da comunidade adjacente ao aterro. A irrigação da horta comunitária é realizada em grande parte com a própria água proveniente do processo de tratamento por osmose reversa do aterro.

Figura 26 - Sistema de tratamento de resíduos orgânicos (A) Trituração da poda de árvores. (B) Compostagem em leiras. (C) Viveiro de mudas.



Fonte: Autoria própria, 2023

Por fim, identificamos também uma área de armazenamento de resíduos de construção civil (Figura 27), que são reaproveitados nas obras do próprio aterro sanitário, em obras de aterramento e terraplanagem.

Figura 27 - Área de armazenamento de Resíduos de Construção Civil



Fonte: Autoria própria, 2023

3.5.3 Explorando as semelhanças e diferenças entre os Aterros Sanitários

Os aterros sanitários são uma das opções mais econômicas e ambientalmente benéficas para o descarte de resíduos. Na deposição em aterro, ocorre um agrupamento complexo de

substâncias, processos biológicos, químicos e físicos que levam à degradação dos resíduos. Embora os aterros e o chorume contenham compostos tóxicos, quando geridos corretamente, eles podem proteger o ambiente e realizar o reaproveitamento dos resíduos com geração de energia (YAASHIKAA *et al.*, 2022)

Dadas as devidas proporções, no que diz respeito aos parâmetros aqui analisados, observa-se que os dois aterros possuem boas vias de acesso, guarita com acesso de entrada sinalizada, segurança diurna e noturna, balança rodoviária de pesagem, instalações administrativas, área de operação com solo impermeabilizado e cobertura de resíduos.

Os estudos realizados atualmente evidenciam que a impermeabilização de base e drenagem do chorume reduzem a probabilidade de contaminação da água subterrânea pela operação de um aterro sanitário (ABIRIGA; VESTGARDEN; KLEMPE, 2020). A poluição das águas é considerada um dos efeitos mais perigosos dos aterros sanitários, notadamente em decorrência da escassez cada vez maior de recursos hídricos. Numerosas reações físico-químicas e biológicas podem ocorrer entre os resíduos sólidos e o ambiente em que estão localizados. O lixiviado de aterros sanitários é carregado de resíduos tóxicos e, caso não sejam tratados adequadamente, acabam na natureza e constituem poluição visual e olfativa (BENADDI *et al.*, 2022).

De acordo com a NBR 8419/92 devem ser indicados, já na fase de projeto, a possível influência do aterro na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas próximas, o que não aconteceu no Aterro de Boa Vista.

Os dois aterros já passaram por processos de ampliação decorrente da saturação das células, ponto em que um aterro atinge sua capacidade máxima de armazenamento de resíduos, porém o ASMOC projetou um novo aterro, enquanto que o Aterro de Boa Vista vem tentando realizar melhorias no mesmo espaço geográfico, ao mesmo tempo em que persiste a necessidade de mitigação dos problemas ambientais decorrentes do encerramento.

A mitigação de aterros sanitários desativados é fundamental para minimizar impactos ambientais e de saúde. Isso inclui monitoramento regular da qualidade do solo e das águas subterrâneas, controle de gases com sistemas de captura e aproveitamento, e gerenciamento adequado do chorume através de drenagem e tratamento. Além disso, é importante aplicar cobertura e promover a revegetação para estabilizar o solo e proteger os recursos hídricos. A implementação desses métodos deve estar alinhada com regulamentações ambientais e planos de reabilitação, garantindo a recuperação e proteção eficazes das áreas desativadas (SALES E SOUZA *et al.*, 2021).

No tocante à distância do Aterro a cursos de água, a Portaria do Ministério do Interior nº 124, de 20 de agosto de 1980 e a NBR 13896/97 (ABNT, 1992) estabelecem uma distância mínima de 200 metros das coleções hídricas ou cursos d'água, o que também não se observa no Aterro de Boa Vista.

De acordo com as normas NBR 8.419/92 (ABNT, 1992) e NBR 13.896/97 (ABNT, 1997), todo projeto de aterro sanitário deve observar critérios de segurança e de monitoramento, a fim de evitar acidentes e prejuízos ao ambiente e à sociedade. Enquanto o ASMOC cumpre com todos os critérios de monitoramento ambiental da água, do solo e do ar, o Aterro de Boa Vista ainda possui algumas limitações na realização de atividades de monitoramento, devido às limitações financeiras, estruturais e de mão de obra qualificada no estado de Roraima.

O monitoramento ambiental de aterros sanitários é fundamental para proteger a água, controlar a emissão de gases como o metano, preservar o solo, garantir a saúde pública e assegurar o cumprimento de normas ambientais. Ele ajuda a prevenir contaminações, otimizar a gestão do aterro e promover práticas sustentáveis, assegurando que a disposição de resíduos sólidos seja realizada de forma segura e eficiente, minimizando impactos negativos no meio ambiente e na comunidade (ABNT, 1997).

As diferenças mais significativas são concernentes à construção dos aterros e tecnologias de tratamento e reaproveitamento de resíduos. Enquanto o tratamento de chorume no ASMOC devolve uma água límpida ao ambiente a partir do líquido lixiviado, inclusive com reaproveitamento da água nas próprias atividades do ASMOC, o Aterro de Boa Vista limitou-se à realização do tratamento em lagoa de acumulação e recirculação do líquido no próprio maciço.

Para lixiviados com alta concentração de material orgânico, o tratamento biológico é a abordagem mais apropriada. Processos biológicos são altamente eficientes para lixiviados de aterros jovens (com menos de 5 anos). No Brasil, o tratamento de chorume por processos biológicos é comum e economicamente viável, especialmente em áreas rurais, com a utilização de lagoas de estabilização, como é o caso do aterro de Boa Vista (COSTA; ALFAIA; CAMPOS, 2019).

No entanto, em virtude de o aterro já ter ultrapassado os 20 anos de existência, as lagoas biológicas de estabilização e as atividades de recirculação não substituem completamente o tratamento convencional. É importante que as propriedades do aterro sejam analisadas para determinar o tratamento mais adequado para o chorume, e que novas tecnologias sejam empregadas.

Os resíduos gerados no Brasil possuem, de modo geral, teor elevado de umidade e materiais orgânicos, fatores que, associados às altas temperaturas predominantes nas duas regiões envolvidas neste estudo, criam condições propícias para o desenvolvimento o desenvolvimento de bactérias decompositoras, resultando na maior produção de gás nos aterros sanitários.

A usina GNR–Fortaleza do ASMOC cumpre com o inciso V do Art. 15 da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), no que se refere às metas para o aproveitamento energético dos gases gerados em aterro sanitário, pois a conversão do gás liberado pelos resíduos sólidos do ASMOC tem possibilitado a produção de biogás, que serve como fonte de energia renovável e contribui para a mitigação dos gases do efeito estufa. A usina também é considerada a primeira do Nordeste a distribuir gás renovável para indústrias, comércios e residências (CARVALHO *et al.*, 2021). O Aterro de Boa Vista não realiza o aproveitamento de gases do aterro, limitando-se à drenagem e queima dos gases gerados.

Sobre o reaproveitamento ou reciclagem de resíduos sólidos, o ASMOC apresenta iniciativas de reaproveitamento de água, de gases, de resíduos da construção civil, compostagem de resíduos orgânicos e manutenção de viveiro de mudas. Aumentar a reciclagem de resíduos é essencial para reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado e aumentar a vida útil dos aterros sanitários.

A recuperação e reciclagem de resíduos sólidos urbanos ainda representam um desafio para os municípios brasileiros e outras cidades em países em desenvolvimento. Pestana (2023) relata que relata que algumas dificuldades podem impedir que as práticas de reciclagem avancem no país, muitos dos quais se observam na realidade boa-vistense, tais como: ausência de informações detalhadas acerca da coleta seletiva no PMGIRS, inexistência ou ineficiência de programas de coleta seletiva, custo da logística em detrimento da simples disposição do resíduo no meio ambiente, escassez de recursos financeiros, falta de créditos e financiamentos para as associações de catadores e falta de investimento para capacitação dos cooperados.

Compreende-se, assim, que o executivo municipal de Boa Vista ainda tem muito a aperfeiçoar o seu gerenciamento de resíduos no que diz respeito à sua destinação final, fato evidenciado pelas irregularidades do aterro e pela não implementação de ações de mitigação da área que teve suas atividades encerradas.

A superação dessas dificuldades envolve toda a cadeia do manejo de RSU de modo a reduzir de forma substancial os resíduos recicláveis que estão sendo enviados para o aterro controlado, o que pode ser alcançado tanto pelo aumento do estímulo para a separação de

materiais recicláveis pelos residentes quanto pela maior disseminação de informações sobre quais materiais podem ser separados e enviados para reciclagem.

É importante notar que, apesar da comparação aqui descrita nas duas capitais, e de muitas iniciativas de sucesso que merecem destaque e servem de exemplo ao desenvolvimento de políticas de resíduos sólidos, a situação não reflete a totalidade dos municípios brasileiros. De acordo com dados fornecidos anualmente ao SNIS, em Roraima, apenas 18,2% dos municípios utilizam aterros controlados e 81,8% dependem de lixões; enquanto no Ceará, 91,2% dos municípios ainda dependem de lixões, com apenas 3,4% usando aterros sanitários e 5,4% utilizando aterros controlados (SNIS, 2024).

Por fim, as evidências apontam que o ASMOC se destaca como um modelo avançado de gestão de resíduos, priorizando a sustentabilidade e a inovação. Com a implementação de tecnologias modernas, como sistemas de monitoramento avançados, compostagem eficiente e recuperação de gases, a instalação otimiza o tratamento e reaproveitamento de resíduos.

Em contrapartida, o Aterro de Boa Vista enfrenta desafios significativos que comprometem sua eficácia na gestão de resíduos, utilizando algumas práticas inadequadas e ausência de aproveitamento de gases.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um aterro sanitário para resíduos sólidos é um equipamento indispensável em qualquer cidade, especialmente para capitais e regiões metropolitanas do Brasil, que produzem maiores quantidades de resíduos. Independente dos processos de reaproveitamento de resíduos, sempre existirão materiais que deverão ser destinados a um aterro sanitário

No caso dos aterros das capitais aqui analisadas, constatou-se que, em relação ao ASMOC, o seu projeto executivo foi elaborado observando as recomendações técnicas para implantação e operação de empreendimento desse porte, como: impermeabilização, drenagem e tratamento de efluentes e aproveitamento de resíduos.

Observa-se também que o movimento de adequação às normativas de Aterro Sanitário não foram acompanhadas efetivamente pela capital Boa Vista, que ainda possui infraestrutura insuficiente sob muitos aspectos, tais como: ausência de tratamento dos efluentes líquidos e gases do aterro.

A efetiva execução dessas medidas contribuirá para que o aterro seja implantado de forma a causar os menores impactos ambientais possíveis. As medidas mitigadoras são necessárias para minimizar as consequências negativas do empreendimento e aumentar os seus

benefícios para que sejam observados todos os requisitos técnicos constantes normas atuais sobre aterros sanitários.

Em seu estágio atual, o Aterro Sanitário de Boa Vista ainda não conseguiu fazer as mudanças necessárias para se adequar corretamente à condição de Aterro Sanitário, sendo melhor caracterizado como Aterro Controlado, visto que possui apenas parte das características necessárias a este processo.

Essas informações revelam os desafios inerentes à gestão dos RSU nas cidades brasileiras, visto que o Brasil continua a destinar uma parcela significativa de seus resíduos a locais inadequados, acarretando sérios problemas de saúde para a população e ao meio ambiente.

Destaca-se, ainda, os desafios e limitações encontrados pelos órgãos ambientais, no que diz respeito aos recursos humanos capacitados para o controle e fiscalização, na escassez de recursos financeiros e dificuldades logísticas para viabilização de empreendimentos e tecnologias no que diz respeito à sustentabilidade ambiental.

Para evitar esses problemas, é fundamental que os governos e as autoridades locais implementem políticas e regulamentações sólidas para o gerenciamento de resíduos, incluindo o planejamento cuidadoso da localização, projeto e operação de aterros sanitários, bem como o investimento em alternativas sustentáveis, como o reaproveitamento, a reciclagem e a compostagem.

REFERÊNCIAS

- ABIRIGA, Daniel; VESTGARDEN, Live; KLEMPE, Harald. Groundwater contamination from a municipal landfill: Effect of age, landfill closure, and season on groundwater chemistry. **Science of The Total Environment**, vol. 737, p. 140307, Outubro de 2020. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.140307. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969720338298>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8419** - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil, 1992. Disponível em: <<https://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/NBR-8419-92-Apresentacao-de-Projetos-de-Aterros-Sanitarios-de-Residuos-Solidos-Urbanos.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10007/2004** - Amostragem de resíduos sólidos. Brasil: [s. n.], 2004. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/6014/nbr10007-amostragem-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13896** - Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Brasil: [s. n.], 1997. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/10510/abnt-nbr13896-aterros-de-residuos-nao-perigosos-criterios-para-projeto-implantacao-e-operacao>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ABREMA - Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2023**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <<https://www.abrema.org.br>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ACFOR - Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza (PMGIRS)**. 2012. Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/plano_municipal_de_gesto_integrada_de_residuos_solidos_de_fortaleza.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ALCÂNTARA, Jacqueline Ribeiro; IWATA, Bruna de Freitas. Análise situacional do Aterro Sanitário de Teresina e avaliação da eficiência do processo de compostagem. **Geotemas**, vol. 14, no. c, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/https://doi.org/10.33237/2236-255X.2024.5469>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ALTINO, Lucas. **Cidades descumprem metas de fechamento de lixões a céu aberto**. 2022. EXTRA. Disponível em: <<https://extra.globo.com/noticias/brasil/cidades-descumprem-metas-de-fechamento-de-lixoes-ceu-aberto-25591063.html>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BENADDI, Rabia; FERKAN, Yousra; BOURIQI, Abdelillah; OUAZZANI, Naaila. Impact of Landfill Leachate on Groundwater Quality – A Comparison Between Three Different Landfills in Morocco. **Journal of Ecological Engineering**, vol. 23, no. 11, p. 89–94, 1 Nov. 2022. DOI 10.12911/22998993/153006. Disponível em: <<http://www.jeeng.net/Impact-of-Landfill-Leachate-on-Groundwater-Quality-A-Comparison-Between-Three-Different,153006,0,2.html>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BEZERRA, Francisco Edmar Chagas. **Geração de Biometano Produzido em Aterro Sanitário Municipal. Dissertação (Mestrado)**. 2020. Instituto Federal do Ceará, Mestrado

em Energias Renováveis, Campus Maracanaú, 2020. Disponível em: <<http://ppger.ifce.edu.br/wp-content/uploads/2020/03/bezerra-f.e.c-2020.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

BOA VISTA (Roraima). Prefeitura Municipal. **Gestão de Resíduos**. 2022. Prefeitura Municipal de Boa Vista. Disponível em: <<https://boavista.rr.gov.br/canal-do-cidadao/gestao-de-residuos>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

BOA VISTA (Roraima). Prefeitura Municipal. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos de Boa Vista**. 2017. Disponível em: <<https://boavista.rr.gov.br/storage/paginas/canal-do-cidadao/gestao-de-residuos/produto-06-pmgirs.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Brasil, 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 18 Jul. 2023.

BRASIL, Leydnara Assis; PIRES, Bruna Hellen Vaz; HAYD, Ramão Luciano Nogueira. A realidade do aterro sanitário de Boa Vista Roraima: Relato de experiência. **Mens Agitat**, vol. 14, p. 15–19, 2019. Disponível em: <<https://mensagitat.org/data/documents/MA-14-2019-15-19.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

CARVALHO, Maria Laudecy Ferreira de; SANTOS, Joel Silva dos; OLIVEIRA, Luan Gomes dos Santos de; NUNES, Ana Bárbara de Araújo. Impactos ambientais decorrentes do processo de instalação e operacionalização da Usina de Biogás GNR de Fortaleza (CE): a Educação Ambiental como via de transformação social. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, vol. 16, no. 4, p. 227–247, 1 Ago. 2021. DOI 10.34024/revbea.2021.v16.11568. Disponível em: <<https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/11568>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. **Cenário atual do saneamento básico no Ceará [livro eletrônico]**. Fortaleza: Assembleia Legislativa do Estado do Ceará, INESP, 2021. Disponível em: <<https://www.sema.ce.gov.br/2021/09/08/pacto-pelo-saneamento-basico>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

CEARÁ. **Lei nº 16.032, de 20 de junho de 2016. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos no âmbito do Estado do Ceará**. Governo do Estado do Ceará, 17p. 2016. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=325201>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

COSTA, Alyne Moraes; ALFAIA, Raquel Greice de Souza Marotta; CAMPOS, Juacyara Carbonelli. Landfill leachate treatment in Brazil – An overview. **Journal of Environmental Management**, vol. 232, p. 110–116, Feb. 2019. DOI 10.1016/j.jenvman.2018.11.006. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479718312714>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

COSTA, Bruno César Andrade. Os Resíduos Sólidos e o Desenvolvimento Regional Sustentável em Boa Vista - RR. **Revista Eletrônica EXAMÁPAKU**, p. 57–74, 2015. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/examapaku/article/view/3110>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

CUDJOE, Dan et al. The potential energy and environmental benefits of global recyclable resources. **Science of The Total Environment**, vol. 798, p. 149258, Dec. 2021. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.149258. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004896972104331X>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

ECOFOR. **Projeto de implantação para a ampliação do aterro sanitário metropolitano de Caucaia – CE**. 75p, 2011. Disponível em: https://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/46/2020/06/11512641_4_rima-asmoc-versao-final.pdf. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FALCÃO, Márcia Teixeira et al. Impactos ambientais no Igarapé Wai Grande em Boa Vista - Roraima decorrentes da influência do Aterro Sanitário. **Revista Geonorte**, vol. 6, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1936/1811>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FARIAS, Daniella Carvalho. **Análise Situacional do Aterro Sanitário de Boa Vista, Roraima quanto ao atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2019. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde - PROCISA) - Universidade Federal de Roraima - UFRR. 2019. Disponível em: <<https://antigo.ufrr.br/procisa/banco-de-dissertacoes/category/90-dissertacoes-turma-2017?download=1188:analise-situacional-do-aterro-sanitario-de-boja-vista-roraima-quanto-ao-atendimento-a-politica-nacional-de-residuos-solidos-daniella-carvalho-farias>>. Acesso em: 15 Nov. 2024.

FERREIRA, Antonio Ramos. **Panorama de vida e trabalho dos catadores de materiais recicláveis de Boa Vista - RR**. 2019. 136f. Dissertação (Mestrado em Sociedade e Fronteiras) - Programa de Pós-Graduação em Sociedade e Fronteiras, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.ufrr.br:8080/jspui/handle/prefix/204>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FORTE, Walber. Canal “de cima pra Baixo”. **Aterro Sanitário de Caucaia, como será?!** 2022. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=UVafOGK6284&t=10s>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FUNDAÇÃO DEMÓCRITO ROCHA. Anuário do Ceará 2021-2022. *In*: Anuário do Ceará 2021-2022. 2021. 680p. Disponível em: <https://www.anuariodoceara.com.br/wp-content/themes/anuario_2021/assets/anuario-21-22.pdf>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

GOMES, Ana Carolina Correia de Oliveira et al. Avaliação da qualidade da água subterrânea em área de aterro sanitário na região metropolitana de Fortaleza – Ceará/Brasil. **Caderno Pedagógico**, vol. 21, no. 2, p. e2824, 22 Feb. 2024. DOI 10.54033/cadpedv21n2-090. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/2824>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

GOMES, Marcos de Lima; FARIZEL, Silvia Ribeiro Silva; ARAÚJO JÚNIOR, Antonio Carlos Ribeiro. Coleta seletiva: realidade e utopia na cidade de Boa Vista-RR. **Revista Geografia, Ensino & Pesquisa**, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236499424491>. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/24491>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

IBAM, Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Revisão do Plano Diretor de Boa Vista / RR. Síntese da Fase de Diagnóstico. **Instituto Brasileiro de Administração Municipal**, 2023. Disponível em: <https://boavista.rr.gov.br/storage/paginas/plano-diretor/p5_sintese-diagnostico-rev.pdf>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

KAZA, Silpa; YAO, Lisa. **At a Glance: A Global Picture of Solid Waste Management**. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0_ch2>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

LEITE, Valderi Duarte et al. Resíduos sólidos urbanos no Estado da Paraíba e o contexto da sustentabilidade ambiental. **Research, Society and Development**, vol. 10, no. 1, p. e33110111781, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11781>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

MARQUISE AMBIENTAL, FORTALEZA. **GNR Fortaleza**. 2024. Disponível em: <<https://www.marquiseambiental.com.br/negocios/gnr-fortaleza>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares**. Brasil: 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

MOURA, Tallyta Lorena Martins. **Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos de um aterro sanitário em Belém do Brejo do Cruz/PB**. 2023. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2023. 25f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/53507>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

PASSOS, Eduardo Lelis. Caracterização geotécnica de área na implantação de um aterro sanitário: estudo de caso do aterro sanitário de Brasília/DF. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/prefix/13968>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

PESTANA, Laura de Oliveira Battistini. Avaliação de iniciativas para gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios integrantes do Consórcio Intermunicipal do Oeste Paulista (CIRSOP). 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/18035>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

PNUMA, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an age of waste – Turning rubbish into a resource**. Nairobi. Quênia: 2024. Disponível em: <<https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

PNUMA, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente; CCAL, Clima e Coalizão Ar Limpo. **Global Methane Assessment: 2030 Baseline Report**. Nairobi: 2022. Disponível em: <<https://www.unep.org/%0Aresources/report/global-methane-assessment-2030-%0Abaseline-report>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

RAMOS, Késia de Jesus dos Santos. **Viabilidade técnica e ambiental do reaproveitamento do lodo proveniente de ETE do aterro sanitário na grande Belém**. Universidade Federal Rural da Amazônia: 2024. Disponível em: <<https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/3757>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SALES E SOUZA, Davi Edson et al. Qualidade da Água Subterrânea para Consumo Humano em Área de Influência de Lixão Desativado. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, vol. 14, no. 2, p. 747, 6 Aug. 2021. DOI 10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.2.72789. Disponível em: <<http://www.journals.unam.mx/index.php/aidis/article/view/72789>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SAMPAIO, Maurício de Moraes. **Análise técnica e econômica da injeção de biometano de aterro sanitário na malha de distribuição de gás natural**. Universidade de São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/0a1fde5e-ed14-43c9-8177-e5e987d9e124/MauriciodeMoraesSampaio.pdf>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SCACABAROSSO, Haroldo. **Limites socioculturais na gestão ambiental dos resíduos sólidos em Boa Vista-RR: reflexões ambientadas na conjuntura da educação superior.** 2019. 136 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/39511>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SILVA, Bryan Almeida da. Sistemas de proteção ambiental em aterros sanitários. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, , p. 26–43, 30 Dez. 2022. DOI 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/aterros-sanitarios. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/aterros-sanitarios>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SILVA, Flávia Glória de Lemos et al. **Situação atual do tratamento de lixiviados de aterros sanitários do Estado do Rio de Janeiro com ênfase nos Aterros de Seropédica e Sapucaia.** 2023. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <<https://www.bdtd.uerj.br:8443/handle/1/20160>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Ministério das Cidades**, 2024. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SOUZA, Lena Simone Barata Souza; ANDRADE, Guilherme Gonzaga de. Resistividade no entorno do aterro sanitário municipal de Boa Vista, Roraima, Brasil: implicações ambientais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, vol. 13(3), p. 435–452, 2018. DOI: <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v13i3.346>. Disponível em: <<https://boletimcn.museu-goeldi.br/bcnaturais/article/view/346>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

TENG, Chunying et al. Characterization and treatment of landfill leachate: A review. **Water Research**, vol. 203, p. 117525, Set. 2021. DOI 10.1016/j.watres.2021.117525. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135421007211>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

YAASHIKAA, Ponnambalam Ragini et al. A review on landfill system for municipal solid wastes: Insight into leachate, gas emissions, environmental and economic analysis. **Chemosphere**, vol. 309, p. 136627, Dec. 2022. DOI 10.1016/j.chemosphere.2022.136627. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653522031204>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

ZAMRISHAM, Nur Ain Fitriah et al. State of the Art in Anaerobic Treatment of Landfill Leachate: A Review on Integrated System, Additive Substances, and Machine Learning Application. **Water**, vol. 15, no. 7, p. 1303, 25 Mar. 2023. DOI 10.3390/w15071303. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/15/7/1303>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

ZORPAS, Antonis et al. Household waste compositional analysis variation from insular communities in the framework of waste prevention strategy plans. **Waste Management**, vol. 38, p. 3–11, Apr. 2015. DOI 10.1016/j.wasman.2015.01.030. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X15000690>>. Acesso em: 25 Jul. 2024

4 ANÁLISE COMPARATIVA DE INDICADORES DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DAS CIDADES DE BOA VISTA E FORTALEZA

Neste capítulo, o enfoque voltou-se para uma análise detalhada dos indicadores de manejo de resíduos sólidos urbanos nas cidades de Boa Vista e Fortaleza, com base em uma série histórica de dados que abrange o período de 2010 a 2022, o que permitiu compreender como a gestão de resíduos nessas duas capitais brasileiras evoluiu ao longo do tempo. Por meio dos indicadores, foi possível não apenas medir o impacto das políticas públicas implementadas, mas também identificar áreas onde melhorias são urgentes, proporcionando um panorama mais claro sobre o desempenho das cidades no manejo dos resíduos sólidos.

Ao comparar os dados históricos de Boa Vista e Fortaleza, o capítulo não se limitou a observar a evolução das práticas de gestão de resíduos, mas buscou também refletir sobre as implicações dessas mudanças para a sustentabilidade ambiental e social.

O uso de indicadores de sustentabilidade permitiu uma visão mais precisa dos avanços e limitações no manejo dos resíduos sólidos, ao medir não apenas a eficiência dos processos, mas também os efeitos de longo prazo sobre o meio ambiente e a qualidade de vida urbana. A interpretação desses indicadores ofereceu uma compreensão mais clara das dinâmicas de gestão de resíduos, permitindo identificar os desafios específicos enfrentados por cada cidade e apontar possíveis caminhos para o desenvolvimento de práticas mais eficientes e sustentáveis no futuro.

4.1 INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos é uma questão crítica globalmente, mas apresenta desafios singulares nos países em desenvolvimento, devido a fatores como crescimento populacional e urbanização, recursos e infraestrutura limitados, falta de conhecimento local e estruturas regulatórias inadequadas, dentre outros (SANTOS *et al.*, 2024).

Diante desses eventos, diversas investigações tem sido realizadas e outras estão em curso para avaliar o impacto da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em diferentes contextos territoriais (SILVA; FUGII; SANTOYO, 2017; CETRULO *et al.*, 2018; SILVA; CONTRERAS; BORTOLETO, 2021; REBEHY *et al.*, 2023; PAES *et al.*, 2024; LENZI; MASSI; SANTANA, 2024). Estudo bibliométrico realizado por Cavalcante *et al.* (2024) identificou que o Brasil ocupa posição de relevância em número de publicações e citações. Em resumo há uma diversidade de métodos para avaliar a efetividade das políticas públicas em geral no tocante aos resíduos sólidos e seus instrumentos.

A compreensão abrangente da gestão dos resíduos sólidos urbanos e avaliação das políticas e ações vigentes dependem de dados consistentes. Nesse sentido, os indicadores de sustentabilidade fornecem informações sobre a dinâmica homem-ambiente, detectando mudanças ambientais ao longo do tempo, além de medir o desempenho e a eficiência das práticas de gerenciamento de resíduos, desde o estágio de coleta de resíduos até a geração de emissões de gases de efeito estufa, sendo crucial para monitorar e avaliar políticas públicas (RAHMANDOUST *et al.*, 2023).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) constitui o mais abrangente conjunto de dados sobre o setor de saneamento no Brasil. Ele coleta informações detalhadas sobre os serviços de água, esgoto, manejo de resíduos sólidos urbanos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, e regularmente publica diagnósticos e panoramas que são fundamentais para orientar os entes governamentais (SNIS, 2024).

Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, os indicadores sanitários estão entre os mais desafiadores. Estas áreas enfrentam dificuldades históricas no acesso aos serviços básicos de saneamento, nos quais se incluem a gestão adequada de resíduos sólidos (MMA, 2022).

No campo das ciências ambientais, há ainda muito a ser explorado, especialmente no contexto brasileiro. Os modelos de avaliação da gestão pública ambiental são limitados e apresentam abordagens variadas. Assim, existe um vasto campo para o desenvolvimento de avaliações de políticas ambientais que considerem não apenas aspectos técnicos, mas também culturais, sociais e econômicos. Observa-se um progresso gradual na construção desse conhecimento, com cada estudo abordando aspectos específicos relacionados ao tema (LENZI; MASSI; SANTANA, 2024)

Nesse sentido, este capítulo tem como objetivo realizar uma análise comparativa da série histórica, no período de 2010 e 2022, sobre o Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (MRSU) nos municípios de Boa Vista, Roraima e Fortaleza, Ceará.

Por meio desta revisão sistemática e da revisão estatística dos dados do SNIS, a análise da evolução desse serviço em duas capitais brasileiras após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos é de fundamental importância para se compreender a evolução e a distribuição geográfica dos serviços gestão de RSU no Brasil ao longo do tempo, a fim de avaliar o progresso alcançado, particularidades regionais e identificar os desafios a serem enfrentados. Dessa forma, é possível fornecer informações relevantes que possam embasar políticas públicas e práticas de gestão de resíduos mais eficientes e sustentáveis.

4.2 REFERENCIAL TEÓRICO

A utilização da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e dos indicadores ambientais é crescente e pode desempenhar um papel importante na automação, simplificação e aprimoramento da classificação de informações, permitindo assim processos de avaliação, monitoramento e tomada de decisão ambientais mais eficazes (SANTOS *et al.*, 2024)

Andriola e Araújo (2018, p. 1) afirmam que “indicador é um artifício que proporciona informação relevante e sintética acerca de aspectos significativos da realidade observada, frequentemente resultante de algum tipo de dado ou informação quantitativa.” Além disso, os autores destacam que, no campo educacional, os indicadores são valorizados por sua capacidade de sintetizar informações e orientar a tomada de decisões.

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, por meio de seus autores Ferreira, Cassiolato e Gonzalez (2009), um indicador é descrito como “uma medida, de ordem quantitativa ou qualitativa, dotada de significado particular e utilizada para organizar e captar as informações relevantes dos elementos que compõem o objeto da observação.”

Sob a ótica ambiental, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2002) define um indicador ambiental como uma ferramenta que fornece informações sobre a evolução e tendências do aspecto observado, constituindo ferramentas poderosas e custo-eficazes para o acompanhamento dos progressos alcançados em matéria de meio ambiente e para a mensuração dos desempenhos ambientais.

Nas últimas décadas é possível observa um aumento relevante das políticas públicas que orientam a gestão ambiental de resíduos sólidos, com crescente interesse da comunidade científica pelo tema. Santos *et al.*, (2024) identificaram e classificaram indicadores relacionados à gestão de resíduos dentro das políticas públicas brasileiras. Paes *et al.* (2024) identificaram os principais facilitadores de inovações na gestão de resíduos sólidos em quatro municípios brasileiros e as respectivas ações entre economia circular e mudanças climáticas.

Estudo realizado por Voukkali *et al.* (2023) sobre urbanização e a geração de RSU identificou que o uso de indicadores relacionados à produção qualitativa e quantitativa de resíduos é uma ferramenta importante para determinar o metabolismo da região, avaliar a infraestrutura existente de coleta e gestão, e para o planejamento futuro da região mais ampla, levando em conta as previsões de crescimento populacional.

Rebehy *et al.*, (2023) estudaram as variáveis que influenciam a recuperação de resíduos sólidos e as melhores práticas de municípios eficientes no Brasil. Silva, Contreras e Bortoleto (2021) investigaram o potencial de utilização de RSU como combustível derivado de

resíduos e os respectivos impactos energéticos e de emissões de gases de efeito estufa em Brasília. Jucá, Barbosa e Sobral (2020) avaliaram a gestão de RSU em Recife por meio de indicadores de sustentabilidade em dimensões sociais, ambientais, econômicas e institucionais, avaliando-se o progresso da região em relação às principais metas e diretrizes propostas pelos planos de resíduos sólidos e pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas. Lino, Ismail e Castañeda-Ayarza (2023) realizaram revisões abrangentes de RSU no Brasil, tendo concluído que, diferente de outros países, o Brasil ainda não recebeu a devida atenção das autoridades públicas e da sociedade em geral no tocante ao MRSU.

A importância dos indicadores também foi destacada por Taghipour *et al.* (2016), quando os autores afirmam que dados relacionados à produção de resíduos são vitais no planejamento da gestão de resíduos para cada sociedade, a fim de selecionar a metodologia mais adequada para redução, reciclagem, processamento e disposição final de resíduos, e é um fator importante para a determinação das infraestruturas e serviços necessários.

No contexto da gestão de resíduos sólidos, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) desenvolve e utiliza indicadores específicos. Criado em 1996 e vinculado ao Ministério do Desenvolvimento Regional, o SNIS é responsável por reunir dados sobre os três componentes do saneamento básico: água e esgoto, águas pluviais e resíduos sólidos (SNIS, 2024).

Atualmente, o SNIS mantém um conjunto de 48 indicadores relacionados a resíduos sólidos, cuja divulgação foi iniciada em 2002. Desde então, esses indicadores passaram por modificações ao longo dos anos, tanto em sua lista quanto em suas metodologias de cálculo. A distribuição dos indicadores do SNIS em categorias específicas é detalhada no Quadro 3.

Quadro 3 – Total de Indicadores propostos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

INDICADORES SOBRE DESPESAS E TRABALHADORES	
IN001	Taxa de empregados em relação à população urbana
IN002	Despesa média por empregado alocado nos serviços do manejo de RSU
IN003	Incidência das despesas com o manejo de RSU nas despesas correntes da prefeitura
IN004	Incidência do custo dos serviços terceirizados de manejo RSU nas despesas com manejo de RSU
IN005	Autossuficiência financeira da prefeitura com o manejo de RSU
IN006	Despesa per capita com manejo de RSU em relação à população urbana
IN007	Incidência de empregados próprios no total de empregados no manejo de RSU
IN008	Incidência de empregados de empresas contratadas no total de empregados no manejo de RSU

IN010	Incidência de empregados gerenciais e administrativos no total de empregados no manejo de RSU
IN011	Receita arrecadada per capita com taxas ou outras formas de cobrança pelo manejo de RSU
INDICADORES SOBRE COLETA DOMICILIAR E PÚBLICA	
IN014	Taxa de cobertura da coleta domiciliar direta (porta-a-porta) da população urbana do município.
IN015	Taxa de cobertura regular do serviço de coleta de RDO em relação à população total do município
IN016	Taxa de cobertura regular do serviço de coleta de RDO em relação à população urbana
IN017	Taxa de terceirização do serviço de coleta de (RDO + RPU) em relação à quantidade coletada
IN018	Produtividade média dos empregados na coleta em relação à massa coletada
IN019	Taxa de empregados na coleta (RDO + RPU) em relação à população urbana
IN021	Massa coletada (RDO + RPU) per capita em relação à população urbana
IN022	Massa (RDO) coletada per capita em relação à população atendida com serviço de coleta
IN023	Custo unitário médio do serviço de coleta (RDO + RPU)
IN024	Incidência do custo do serviço de coleta (RDO + RPU) no custo total do manejo de RSU
IN025	Incidência de (coletadores + motoristas) na quantidade total de empregados no manejo de RSU
IN027	Taxa de coleta de resíduos públicos (RPU) em relação aos resíduos sólidos domésticos (RDO)
IN028	Massa de resíduos domiciliares e públicos (RDO + RPU) coletada per capita em relação à população total atendida pelo serviço de coleta
INDICADORES SOBRE COLETA SELETIVA E TRIAGEM	
IN030	Taxa de cobertura da coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana do município.
IN031	Taxa de recuperação de materiais recicláveis em relação à quantidade total (RDO + RPU) coletada
IN032	Massa recuperada per capita de materiais recicláveis em relação à população urbana
IN034	Incidência de papel e papelão no total de material recuperado
IN035	Incidência de plásticos no total de material recuperado
IN038	Incidência de metais no total de material recuperado
IN039	Incidência de vidros no total de material recuperado
IN040	Incidência de outros materiais (exceto papel, plástico, metais e vidros) sobre o material recuperado
IN053	Taxa de material recolhido na coleta seletiva em relação aos resíduos sólidos domésticos coletados
IN054	Massa per capita de materiais recicláveis recolhidos via coleta seletiva
INDICADORES SOBRE COLETA DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE	
IN036	Massa de RSS coletada per capita em relação à população urbana

IN037	Taxa de RSS coletada em relação à quantidade total coletada
INDICADORES SOBRE SERVIÇOS DE VARRIÇÃO, CAPINA E ROÇADA	
IN041	Taxa de terceirização dos varredores
IN042	Taxa de terceirização da extensão varrida
IN043	Custo unitário médio do serviço de varrição (prefeitura + empresas contratadas)
IN044	Produtividade média dos varredores (prefeitura + empresas contratadas)
IN045	Taxa de varredores em relação à população urbana
IN046	Incidência do custo do serviço de varrição no custo total com manejo de RSU
IN047	Incidência de varredores no total de empregados no manejo de RSU
IN048	Extensão total anual varrida per capita
IN051	Taxa de capinadores em relação à população urbana
IN052	Incidência de capinadores no total empregados no manejo de RSU
INDICADORES SOBRE SERVIÇOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	
IN026	Taxa de resíduos sólidos da construção civil coletada em relação à quantidade total coletada
IN029	Massa de RCC per capita em relação à população urbana

Fonte: Adaptado de SNIS (2022)

Como é possível observar no quadro 3, o sistema abrange informações abrangentes sobre diversos aspectos da gestão de resíduos sólidos, incluindo a cobertura da coleta domiciliar, a coleta seletiva, a massa coletada e recuperada, além de dados sobre o tratamento e a disposição dos resíduos.

Os dados coletados nos municípios são sistematicamente consolidados e divulgados em relatórios anuais, facilitando a análise e a transparência das informações sobre a gestão de resíduos sólidos. O painel de indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento proporciona acesso simplificado a dados detalhados sobre a gestão de resíduos sólidos em todo o Brasil (SNIS, 2024).

No site do SNIS, os usuários podem acessar um glossário detalhado que inclui nomes, definições, unidades de medida das informações primárias e dos indicadores, além das fórmulas de cálculo e definições complementares para esses indicadores. Este recurso representa uma significativa contribuição para a padronização da linguagem no setor, possibilitando a integração de diferentes bancos de dados e promovendo a consistência na coleta e análise de dados.

Atualmente, o SNIS serve como base de implantação do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), instituído pela Lei nº 11.445/2007. O artigo 53 da referida lei estabelece:

Art. 53. Fica instituído o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – SINISA, com os seguintes objetivos: I – Coletar e sistematizar dados relativos às condições da prestação dos serviços públicos de saneamento básico; II – Disponibilizar estatísticas, indicadores e outras informações relevantes para caracterizar a demanda e a oferta de serviços públicos de saneamento básico; III – Permitir e facilitar o monitoramento e a avaliação da eficiência e eficácia da prestação dos serviços de saneamento básico. § 1º As informações do SINISA são públicas e acessíveis a todos, devendo ser publicadas por meio da internet. § 2º A União apoiará os titulares dos serviços na organização de sistemas de informação em saneamento básico, conforme disposto no inciso VI do caput do art. 9º desta Lei. (BRASIL, 2007)

Ainda que previsto legalmente desde o ano de 2007, e atualizado pelo Novo Marco Regulatório do Saneamento (Lei nº 14.026/2020), o SINISA foi lançado em junho de 2024 e ainda está em processo de implantação. O sistema incorpora o atual SNIS, prevendo uma abordagem mais abrangente e a inclusão de novos módulos de informações e indicadores específicos para o setor de saneamento.

Diferentemente do SNIS, o Sinisa conta com sete módulos sobre saneamento básico dos municípios, sendo eles: Abastecimento de Água; Esgotamento Sanitário; Manejo de Resíduos Sólidos; Drenagem e Manejo das Águas Pluviais; Gestão Municipal; Regulação e Saneamento Rural (BRASIL, 2024)

O último relatório do SNIS saiu em dezembro de 2023, com dados consolidados referentes ao ano de 2022, dados estes que são utilizados neste estudo. Por sua complexidade, o desafio consiste em definir um conjunto de indicadores para cada componente do sistema que seja objetivo e simplificado, garantindo que sejam eficazes para o monitoramento e a tomada de decisões informadas.

Além do SNIS, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) também desempenhou, por muitos anos, um papel importante na definição e utilização de indicadores para a gestão de resíduos. A associação se dedicou, desde sua fundação em 1976, à criação, expansão e fortalecimento do mercado de gestão de resíduos, colaborando ativamente com os setores público e privado para promover a troca contínua de informações nesta área (ABRELPE, 2021).

Uma de suas principais atividades é a publicação de materiais especializados na área de gestão de resíduos, incluindo o relatório anual “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil”.

Este relatório visa facilitar o acesso a informações sobre resíduos e seus diversos segmentos para órgãos governamentais, empresas públicas e privadas, e o público em geral. As edições do Panorama estão disponíveis ao público desde 2003 (ABRELPE, 2021).

Recentemente, o “Panorama” foi publicado pela primeira vez com o selo da ABREMA (Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente). Esta mudança resulta de um processo de unificação entre quatro entidades: Abetre, Abrelpe, Selur e Selurb, que representavam empresas da cadeia de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos no Brasil. A ABREMA foi formada para consolidar essas associações e herdar seu patrimônio, incluindo toda a produção intelectual, pesquisas e publicações. As produções periódicas, como o Panorama, continuarão sob a nova associação (ABREMA, 2023).

Em suma, os valores obtidos por meio dos indicadores, independentemente de sua fonte, são ferramentas essenciais para avaliar a posição de um município no que tange aos MRSU em comparação com outras regiões ou o país. Esses valores permitem observar as variações e servem como base para definir estratégias de sustentabilidade local em colaboração com o poder público.

A partir da análise dos indicadores, Paes *et al.* (2024) recomendam caminhos que envolvem a boa governança local, desenvolvimento de políticas locais intersetoriais de GRSU: educação, meio ambiente, serviços públicos, administração e agricultura, apoio de diferentes níveis de governo, educação ambiental intensa e forte participação social.

4.3 OBJETIVO

Descrever uma série histórica de indicadores de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos nos municípios de Boa Vista e Fortaleza, com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento no período de 2010 e 2022.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

No tocante aos procedimentos metodológicos, procedeu-se à realização de uma pesquisa descritiva e exploratória, com levantamento de características conhecidas dos processos estudados, ao mesmo tempo que se objetivou conhecer fatos e fenômenos relacionados ao tema. Em relação à sua natureza, utilizou-se uma análise comparativa, com abordagem quantitativa dos dados.

Quanto aos procedimentos, realizou-se uma análise comparativa por meio de coleta de dados da série histórica dos indicadores disponibilizados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, no período de 2010 a 2022.

Os dados foram coletados no SNIS, que é o instrumento de conhecimento dos serviços de saneamento básico do Brasil. O sistema conta com um robusto conjunto de dados que permite avaliar a evolução dos serviços de saneamento no país a partir das informações e indicadores dos prestadores de serviços que participaram da coleta de dados de cada ano de referência (BRASIL, 2021).

Essa plataforma permitiu a utilização de seus indicadores como referência para comparações e orientação na medição do desempenho dos serviços. Os dados, coletados anualmente, são provenientes de prestadores de serviços ou órgãos municipais responsáveis pela gestão desses serviços, e a base de dados é completamente pública, disponibilizada gratuitamente em uma página eletrônica específica.

O intervalo temporal selecionado foi adotado considerando-se a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), marco regulatório importante no setor de resíduos sólidos, uma vez que instituiu uma hierarquia para valorar os resíduos de modo a promover a economia dos recursos naturais e o desenvolvimento sustentável. A pesquisa foi realizada nos municípios de Boa Vista, capital do estado de Roraima e em Fortaleza, capital do estado do Ceará.

No processo de coleta de dados, foram eleitos e categorizados cinco grupos de indicadores, de acordo com temáticas ligadas à Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e Plano Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2022): Sustentabilidade financeira do MRSU, Trabalho e MRSU, Coleta Domiciliar, Coleta seletiva e Reciclagem.

A descrição dos grupos e seus respectivos indicadores está descrito no quadro 4. Para identificação dos indicadores, utilizou-se as siglas disponibilizadas pelo SNIS.

Quadro 4 - Indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento utilizados neste estudo

Grupo 1 – Sustentabilidade Financeira	
IN003	Incidência das despesas com o manejo de RSU nas despesas correntes da prefeitura
IN005	Autossuficiência financeira da prefeitura com o manejo de RSU
IN011	Receita arrecadada per capita com taxas ou outras formas de cobrança pelo manejo de RSU
Grupo 2 – Trabalho e terceirização	
IN001	Taxa de empregados em relação à população urbana

IN008	Incidência de empregados de empresas contratadas no total de empregados no manejo de RSU
IN004	Incidência do custo dos serviços terceirizados de manejo RSU nas despesas com manejo de RSU
IN007	Incidência de empregados próprios no total de empregados no manejo de RSU
Grupo 3 – Coleta domiciliar	
IN014	Taxa de cobertura da coleta domiciliar direta (porta-a-porta) da população urbana do município.
IN021	Massa coletada (RDO + RPU) per capita em relação à população urbana
Grupo 4 – Coleta seletiva	
IN030	Taxa de cobertura da coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana do município.
IN053	Taxa de material recolhido na coleta seletiva em relação aos resíduos sólidos domésticos coletados
IN054	Massa per capita de materiais recicláveis recolhidos via coleta seletiva
Grupo 5 – Reciclagem	
IN031	Taxa de recuperação de materiais recicláveis em relação à quantidade total (RDO + RPU) coletada
IN034	Incidência de papel e papelão no total de material recuperado
IN035	Incidência de plásticos no total de material recuperado
IN038	Incidência de metais no total de material recuperado
IN039	Incidência de vidros no total de material recuperado
IN040	Incidência de outros materiais (exceto papel, plástico, metais e vidros) sobre o material recuperado

Fonte: Adaptado de SNIS (2022)

Os indicadores foram coletados no sistema e organizados em tabelas utilizando o programa Microsoft Excel, versão Office 2019, visando sistematizar e condensar os indicadores, tornando-os capazes de fornecer respostas pertinentes à problemática de pesquisa.

A partir das planilhas foi possível criar uma tabela com os resultados da estatística descritiva: número de vezes que os dados foram informados na série histórica, média, desvio-padrão e amplitude.

Posteriormente foram produzidos gráficos que, junto com as informações da tabela, possibilitaram a visualização e análise da série histórica no período analisado, o que possibilitou a análise e discussão dos dados.

Por fim, no tocante à estatística inferencial, empregou-se uma abordagem estatística abrangente para garantir a precisão e a robustez das análises dos dados. Assim, para validação prévia dos dados realizou-se alguns testes para verificar a normalidade dos dados, conforme descrito a seguir:

- Teste de Shapiro-Wilk;

- Presença de outliers;
- Relação linear entre as variáveis e verificação de existência de homoscedasticidade.

Nos casos em que os valores-p foram maiores que 0,05 aceitou-se a hipótese nula de normalidade dos dados (distribuição normal) e nos casos em que os valores-p foram menores ou iguais a 0,05, rejeitou-se a hipótese nula de normalidade dos dados.

Procedeu-se a uma inspeção visual das dos gráficos das séries temporais e da análise da quantidade de dados disponíveis para cada série, visando detectar outliers/valores extremos que poderiam influenciar desproporcionalmente os resultados e ausência de dados na série temporal que possam comprometer a qualidade das análises.

A homoscedasticidade foi avaliada para assegurar que a variância dos resíduos permanecesse constante em todos os níveis das variáveis independentes, utilizando inspeção visual de gráficos de dispersão dos resíduos. Essas etapas metodológicas foram fundamentais para tratar os dados de forma adequada e garantir que as conclusões da tese fossem baseadas em análises estatísticas sólidas e confiáveis. Foram excluídos da correlação os indicadores que apresentavam ausência total de dados, ausência de mais de 4 dados na série histórica ou dados repetidos em toda a série histórica.

Em virtude de a normalidade não ter sido foi atendida, optou-se pela realização de uma técnica não paramétrica. Os valores das séries temporais foram submetidos a uma análise de correlação usando o teste de Spearman para medir a associação entre as duas variáveis. A medida pelo Rô de Spearman é uma alternativa usual para estimar correlações lineares em que há violação da suposição de normalidade. O nível de significância adotado foi de $\alpha = 0,05$. Todos os cálculos estatísticos foram realizados com o software R Studio e pacotes estatísticos publicamente disponíveis.

4.5 RESULTADOS: ANÁLISE DE INDICADORES E SÉRIES TEMPORAIS

A Tabela 1 apresenta os dados de estatística descritiva dos indicadores analisados. As análises foram realizadas de forma conjunta com os gráficos nos subtópicos a seguir.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)

	Fortaleza			Boa Vista		
	n	Média ± DP	Intervalo	n	Média ± DP	Intervalo
IN001	12	1.35 ± 0.17	1.04 — 1.58	11	1.88 ± 0.38	1.39 — 2.48
IN003	13	5.13 ± 0.63	4.16 — 6.07	11	8.29 ± 3.14	4.49 — 14.63
IN004	13	89.64 ± 2.34	84.62 — 93.12	9	99.35 ± 1.96	94.11 — 100.00
IN005	0	-	-	9	18.76 ± 16.25	5.16 — 50.54
IN007	13	22.61 ± 2.01	20.27 — 28.31	12	0.89 ± 3.07	0.00 — 10.63
IN008	13	77.39 ± 2.01	71.69 — 79.73	12	99.11 ± 3.07	89.37 — 100.00
IN011	0	-	-	11	21.99 ± 16.14	11.07 — 66.54
IN014	10	97.87 ± 0.54	97.02 — 99.00	10	100.00 ± 0.00	100.00 — 100.00
IN021	12	1.80 ± 0.26	1.43 — 2.23	11	1.48 ± 0.75	0.69 — 3.21
IN030	6	6.17 ± 4.28	0.30 — 13.67	0	-	-
IN031	13	0.34 ± 0.19	0.04 — 0.56	4	7.37 ± 8.59	0.00 — 16.17
IN034	13	62.59 ± 8.33	46.20 — 73.74	3	4.32 ± 3.05	2.47 — 7.84
IN035	13	10.64 ± 1.76	6.48 — 12.78	3	17.31 ± 3.81	14.21 — 21.57
IN038	13	11.98 ± 8.70	5.93 — 38.06	3	16.64 ± 19.55	5.09 — 39.22
IN039	13	13.19 ± 6.77	5.05 — 31.98	3	12.62 ± 11.08	0.00 — 20.72
IN040	13	1.62 ± 2.39	0.00 — 7.40	3	49.11 ± 15.67	31.37 — 61.08
IN053	12	0.82 ± 0.38	0.07 — 1.44	0	-	-
IN054	11	2.44 ± 1.10	0.20 — 3.59	0	-	-

Fonte: Adaptado de SNIS (2024)

4.5.1 Sustentabilidade Financeira

Nesta seção, utilizamos os indicadores IN011, IN005 e IN003, que tratam sobre a sustentabilidade financeira dos municípios aqui analisados. A análise revela uma limitação significativa no estudo comparativo entre Fortaleza e Boa Vista, uma vez que, dos três indicadores analisados, dois não possuem dados disponíveis para Fortaleza. Essa ausência de informações não resulta de uma falha no SNIS ou em seu preenchimento, mas sim da não implementação da cobrança de valores (taxa ou tarifa) pelos serviços de MRSU em Fortaleza até o ano de 2022, período coberto por este estudo.

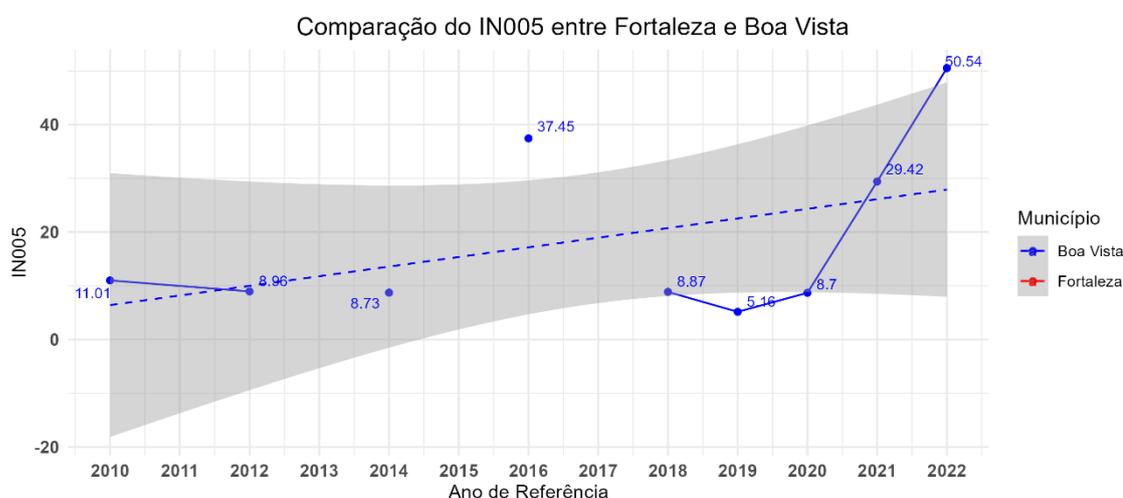
A falta de dados para Fortaleza impede uma avaliação completa e comparativa do desempenho entre as duas capitais, fato que limita a compreensão das dinâmicas locais. Mesmo no caso de Boa Vista, que apresenta os dados dos 3 indicadores aqui analisados, observou-se que nenhum dos indicadores apresenta os dados de todos os anos da série temporal.

Essa situação destaca a importância de políticas públicas que garantam a coleta sistemática e abrangente de dados, de modo a permitir uma avaliação contínua e detalhada da gestão de RSU em todas as regiões do país.

A respeito da suficiência financeira, a figura 28 apresenta o indicador IN005 - autossuficiência financeira da prefeitura com o MRSU. Em virtude de Fortaleza não ter dados

de cobrança de taxa no período desse estudo, o município também não apresenta dados desse indicador. Já no caso de Boa Vista, é possível observar que o município possui muito mais despesas do que arrecada, ainda que venha apresentando valores crescentes de autossuficiência, tendo atingido 50% no ano de 2022.

Figura 28 - IN005 - Autossuficiência financeira da prefeitura com o manejo de resíduos sólidos urbanos



Fonte: (SNIS, 2024)

A esse respeito, o estudo de Dutra e Siman (2024) identificou que apenas 8% dos municípios brasileiros é autossuficiente, e que 40% dos municípios apresentam valores inferiores a 20% de suficiência financeira, o que evidencia receitas insuficientes para recuperar os custos dos serviços de MRSU.

Além da manutenção dos serviços de MRSU, Alzamora e Barros (2020) defendem que a cobrança pelos serviços de GRSU visa conscientizar os geradores, estimular a redução na geração de resíduos, impulsionar a economia circular e responsabilizar a população. Dutra e Siman (2024) afirmam que a existência de uma taxa específica está diretamente relacionada ao destino adequado dos resíduos, assim como à ampliação da cobertura dos serviços de coleta e reciclagem.

Miftahadi, Rachman e Matsumoto (2024) identificaram que os municípios que realizam a cobrança pelos serviços de MRSU tendem a alcançar vantagens administrativas frente aos que não cobram, tais como: ampliação do atendimento, maior cobertura da coleta seletiva, utilização de novas tecnologias, como elevação de contêineres e uso de balanças para medição.

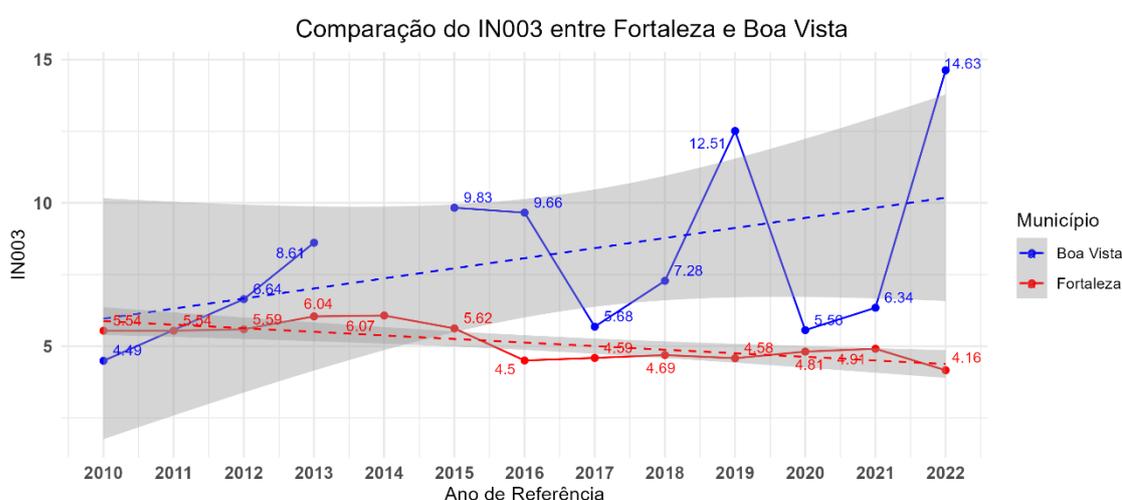
Segundo Matheson (2022), a autossuficiência financeira em MRSU impacta em altas taxas de reciclagem, pelo aporte financeiro para financiar diversos programas para promover ações de reciclagem em seus territórios.

No entanto, países em desenvolvimento como o Brasil enfrentam desafios como recursos financeiros insuficientes, falta de vontade política e políticas inadequadas.

Essa realidade reflete o considerável esforço necessário para alcançar a Meta 1 estabelecida pelo Planares, que aponta que, até 2024, 100% dos municípios terão alguma forma de cobrança pela prestação dos serviços de manejo de resíduos, e que a estabilidade financeira atingirá 68% dos municípios até 2040 (MMA, 2022).

Em relação aos custos do MRSU, a prestação dos serviços representa um dos maiores investimentos realizados pelos municípios brasileiros. A Figura 29 apresenta o IN003 - incidência das despesas com MRSU nas despesas correntes da prefeitura, que representa o percentual dos custos com MRSU em comparação com os cursos totais do município em todas as demais áreas (saúde, segurança, educação, pagamento de pessoal, dentre outras).

Figura 29 - IN003 - Incidência das despesas com o manejo de resíduos sólidos urbanos nas despesas correntes da prefeitura



Fonte: (SNIS, 2024)

Boa Vista alocou uma proporção maior de seus gastos totais para o MRSU em comparação com Fortaleza. Enquanto a média dos gastos municipais com RSU em Boa Vista foi de 8,3%, em Fortaleza a média foi de 5,1%. A tendência de gastos em Boa Vista é crescente, o que indica maior aporte financeiro após cada ano, em relação aos custos totais do município. A tendência em Fortaleza é decrescente, o que evidencia cada vez mais a necessidade do aporte financeiro municipal.

Ganham destaque os percentuais de investimentos no MRSU em Boa Vista, que foram de 12,51% em 2019 e 14,63% em 2022, dados bem acima da média das duas realidades no período analisado, o que pode sugerir uma possível superestimação dos dados.

Em Fortaleza, a necessidade de um aporte financeiro significativo para a gestão de resíduos sólidos foi evidenciada pela introdução da Taxa de Coleta de Lixo, estabelecida em

2023. Esta taxa surge como uma resposta à crescente demanda por recursos para a melhoria e manutenção dos serviços de coleta e tratamento de resíduos.

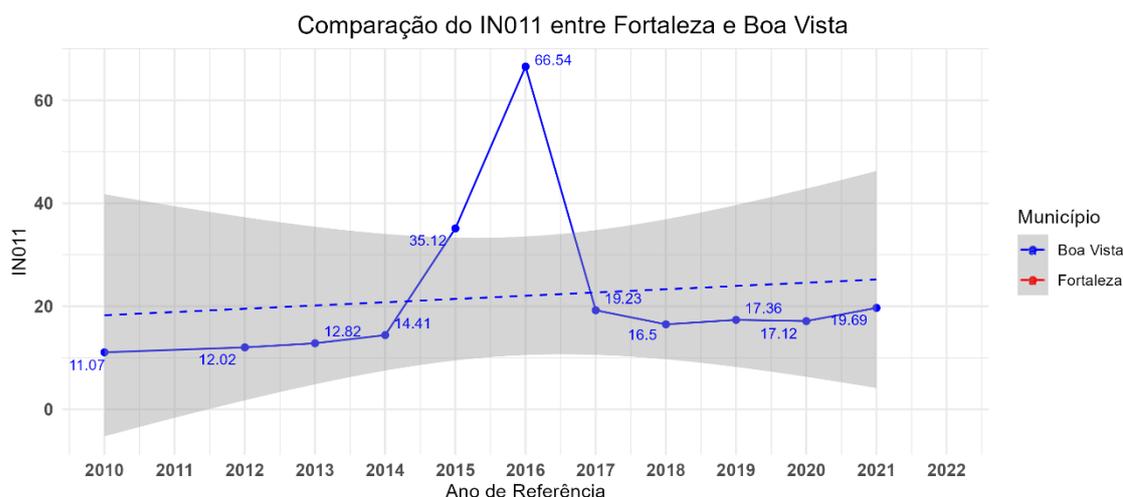
A eficaz gestão de resíduos sólidos está intrinsecamente relacionada à disponibilidade de recursos financeiros, os quais comprometem, em média, 4% dos orçamentos locais em países de alta renda, 11% em países de renda média e podem atingir 19% em países de baixa renda (KAZA *et al.*, 2018).

Dados nacionais apontam para 3,46% de gastos com GRSU, sendo 2,94% na região norte e 3,49% na região nordeste. A região sudeste apresenta os maiores percentuais de investimento a nível nacional, com 3,92% (SNIS, 2024).

É importante ressaltar que esses valores podem variar bastante de um município para outro, e a eficiência na gestão desses recursos é vital para garantir a sustentabilidade ambiental e econômica da operação de resíduos sólidos urbanos.

Já no tocante às receitas, a figura 30 apresenta o indicador IN011 - receita arrecadada *per capita* com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de MRSU. Na análise dos valores arrecadados, é possível observar apenas os dados do município de Boa Vista, com média de arrecadação de 22 reais/habitante/ano. Houve aumento de R\$ 11,07 para R\$ 19,69 no valor arrecadado *per capita*.

Figura 30 - IN011 - Receita arrecadada per capita com taxas ou outras formas de cobrança pelo manejo de resíduos sólidos urbanos



Fonte: (SNIS, 2024)

O município de Fortaleza não aparece nos resultados por não ter realizado a cobrança de tributos no período estudado (2010 a 2022), visto que iniciou a cobrança de taxas somente no ano de 2023. Em ambos os municípios é possível observar que o tributo costuma ser cobrado do proprietário, titular do domínio útil ou possuidor do imóvel.

A taxa pelos serviços de MRSU em Boa Vista foi instituída pela Lei Complementar nº. 1.223 de 29 de dezembro de 2009, o Código Tributário Municipal (BOA VISTA, 2009), com atualizações dadas pela Lei Complementar nº 19/2021 (BOA VISTA, 2021). Em seu art. 75, a Lei 1.223/2009 dispõe como objeto de lançamento as “Taxas de Coleta de Lixo - TCL”. A referida lei informa, ainda, que o contribuinte da taxa é o proprietário, o titular do domínio útil ou o possuidor de imóvel edificado que se utilize, efetiva ou potencialmente, do serviço público municipal de coleta de resíduos.

A taxa cobrada em Boa Vista varia de acordo com sua localização do imóvel e seu uso, cujos valores pré-definidos são multiplicados pela UFM (Unidade Fiscal Municipal), adotada pelo Município. Os imóveis localizados nas áreas consideradas nobres na capital pagam valores maiores, bem como os imóveis comerciais e industriais. A taxa é cobrada de imóveis residenciais e comerciais. Os imóveis verticalizados, em condomínios ou galerias comerciais são cobradas com fator redutor de 50% (BOA VISTA, 2009).

Em Fortaleza, a cobrança pelos serviços foi instituída mais de 10 anos depois de Boa Vista pela Lei Ordinária nº 11.323, de 21 de dezembro de 2022, que institui a Taxa do Serviço Público de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (TMRSU), tendo como fator gerador da taxa a "utilização efetiva ou potencial do serviço público de manejo de resíduos sólidos urbanos, constituído pelas atividades de coleta, transbordo, transporte, triagem para fins de reutilização ou reciclagem, tratamento, inclusive por compostagem, e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos" (FORTALEZA, 2022, Art. 3º).

A Secretaria Municipal das Finanças de Fortaleza (SEINF) concede o abatimento (até 12%) quando houver o pagamento conjuntamente com o IPTU, no mês de janeiro de cada ano, para os contribuintes adimplentes com o município nos anos anteriores. A Lei nº 11.337, de 10 de fevereiro de 2023 (SEFIN, 2023), estabelece as hipóteses de não incidência e isenção da TMRSU. De acordo com a secretaria, mais de 233 mil imóveis em Fortaleza estão isentos da taxa em 2024, o que corresponde a 54% dos empreendimentos passíveis de cobrança e pode chegar a 70% (FORTALEZA, 2024).

Além da distância temporal de implantação da taxa, foi possível observar que os dois municípios adotam formas diferentes para o cálculo. Nenhum dos dois municípios utiliza a quantidade de resíduos gerados para a aplicação do cálculo. No caso de Boa Vista, o cálculo decorre principalmente da localização do imóvel e seu uso, enquanto que em Fortaleza é considerado o porte da edificação (padrão baixo, normal, padrão alto e luxo). Por fim, Fortaleza realiza a cobrança de terrenos, enquanto Boa Vista isenta essa categoria de imóveis.

Cabe salientar que, diferente de Boa Vista, em que não se tem informação de reclamações ou protestos por parte da população, a implantação da taxa em Fortaleza não ocorreu de forma pacífica, visto que a pauta permeou diversos debates realizados por representantes populares e políticos, e tendo sido suspensa por solicitação do Ministério Público do estado em abril de 2023, por alegação de inconstitucionalidade. Meses depois, Advocacia-Geral da União confirmou a constitucionalidade da taxa do lixo em Fortaleza (G1, 2023).

A esse respeito, Alzamora e Barros (2020) defendem que uma série de fatores é necessária para iniciar a cobrança pelo MRSU, como: existência de legislação, planejamento adequado para a gestão de RSU, necessidade de capacitação dos gestores municipais para gerenciar os custos dos serviços de MRSU e as receitas mensuradas com a cobrança.

Já Brumatti, Chaves e Siman (2024) apontam como fator fundamental a educação ambiental, visando fomentar a mudança de comportamento e a conscientização da população. Os autores afirmam que, sem conhecer os impactos de suas ações, a população se torna menos motivada a participar de programas ambientais.

Alzamora e Barros (2020) afirmam que é impossível determinar a melhor forma de implementar um modelo de cobrança, devido à diversidade de condições locais, econômicas e territoriais, sendo que a melhoria do sistema depende da aplicação de tecnologias analíticas adequadas, avanços na educação ambiental e da participação dos usuários.

O estudo de Dutra e Siman (2024) analisou os modelos de cobrança implementados nas cidades brasileiras, avaliando sua sustentabilidade financeira e as variáveis utilizadas para o cálculo dessas cobranças. O estudo identificou que, dos 5.000 municípios analisados, 1851 declararam cobrar pelos serviços de GRSU, porém foi encontrada legislação atinente à cobrança em apenas 1.511 municípios (82%). A não localização da legislação de 339 municípios destaca a necessidade de transparência das regras de cobrança às quais os usuários estão submetidos. Nos anos seguintes, 2021 e 2022, é possível observar número crescente de municípios que cobram pelos serviços de GRSU, tendo, respectivamente, 2062 e 2226 municípios (SNIS, 2024).

Como já mencionado, um aspecto crítico identificado na legislação brasileira é o uso limitado de parâmetros que consideram a quantidade de resíduos gerados, o que poderia promover uma cobrança mais equitativa aos usuários. A utilização de parâmetros relacionados à quantidade de resíduos também estimula a redução na geração desses materiais, uma vez que estipula pagamentos proporcionais à quantidade beneficiada pelo serviço prestado (WRIGHT; HALSTEAD; HUANG, 2019).

O estudo de Dutra e Siman (2024) identificou que 83% dos municípios brasileiros realizam a cobrança dos serviços de GRSU no mesmo boleto do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU). Em relação à fórmula de cálculo dos valores, observou-se que 86% dos municípios brasileiros adotam a cobrança através de valores tabulados. A cobrança por meio de tarifa, que leva em conta o volume gerado, foi identificada em apenas 4 municípios pesquisados: Itajaí, Balneário Camboriú e São Francisco do Sul em Santa Catarina e Carmópolis de Minas, em Minas Gerais.

De todo modo, a Lei 11.445/2007 (BRASIL, 2007), que estabeleceu as diretrizes da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), previu a possibilidade de cobrança por esses serviços, mediante a instituição de taxas, tarifas ou outros preços públicos. Mais de 10 anos depois, a promulgação da Lei 14.026/2020, Novo Marco Legal do Saneamento aprovado em 2020, determinou que, a partir de julho de 2021, os municípios que ainda não cobravam a taxa de lixo teriam que exigir uma compensação financeira pela prestação do serviço de MRSU (BRASIL, 2007; BRASIL, 2020).

Caso as prefeituras não estabeleçam a cobrança pelo serviço no prazo determinado pela lei, a situação se configura como renúncia fiscal e ficam sujeitos às penalidades determinadas pela Lei de Responsabilidade Fiscal, como sanções administrativas por renúncia de receita (BRASIL, 2020).

Por fim, a Norma de Referência nº 1 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), estabeleceu o regime, estrutura e parâmetros para a cobrança pela prestação do serviço público de MRSU, bem como os procedimentos e prazos para estabelecimento, reajuste e revisão tarifária, com objetivo de assegurar a sustentabilidade econômica e financeira da prestação dos serviços (ANA, 2021).

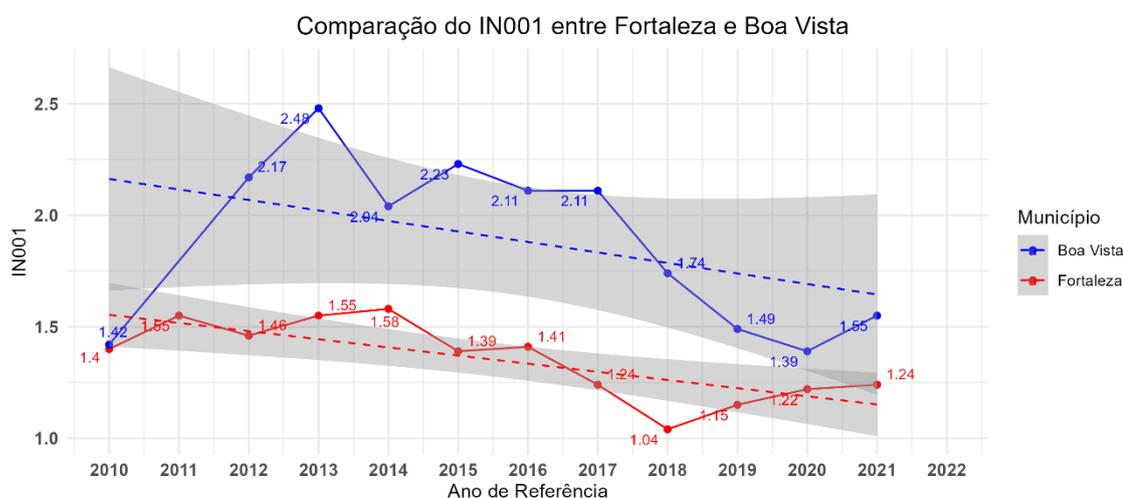
Todo o arcabouço normativo está alinhado com o princípio do "poluidor-pagador", presente na PNRS (BRASIL, 2010) que preconiza que os responsáveis pela geração de resíduos sólidos devem arcar com os custos para mitigar os impactos de seu gerenciamento.

4.5.2 Trabalho e Terceirização

Esta seção trata sobre os trabalhadores formais envolvidos no MRSU, no que diz respeito à proporção de trabalhadores (IN001), incidência de trabalhadores de empresas contratadas (IN008), taxa de terceirização especificamente dos serviços de coleta (IN017) e, por fim, o custo de contratação desses profissionais para o município (IN004).

Em relação ao IN001 (Figura 31), foi possível observar que Boa Vista possui uma quantidade maior de empregados em relação à população urbana do que Fortaleza, o que se justifica pelo fato de Fortaleza ser uma cidade mais conurbada do que Boa Vista.

Figura 31 - IN001 - Taxa de empregados em relação à população urbana



Fonte: (SNIS, 2024)

A média de Boa Vista é de 1,88 empregados por mil habitantes, enquanto que a média de Fortaleza é de apenas 1,35 empregados por mil habitantes. Observa-se uma tendência de decréscimo do número de empregados, possivelmente devido à implementação de novas tecnologias.

Estudo realizado por Voukkali *et al.* (2023) identificou que quanto maior a densidade populacional em uma área durante um determinado período de tempo, maior é o volume de produção de resíduos, ao mesmo tempo em que a infraestrutura necessária para a coleta e gestão de resíduos é aumentada.

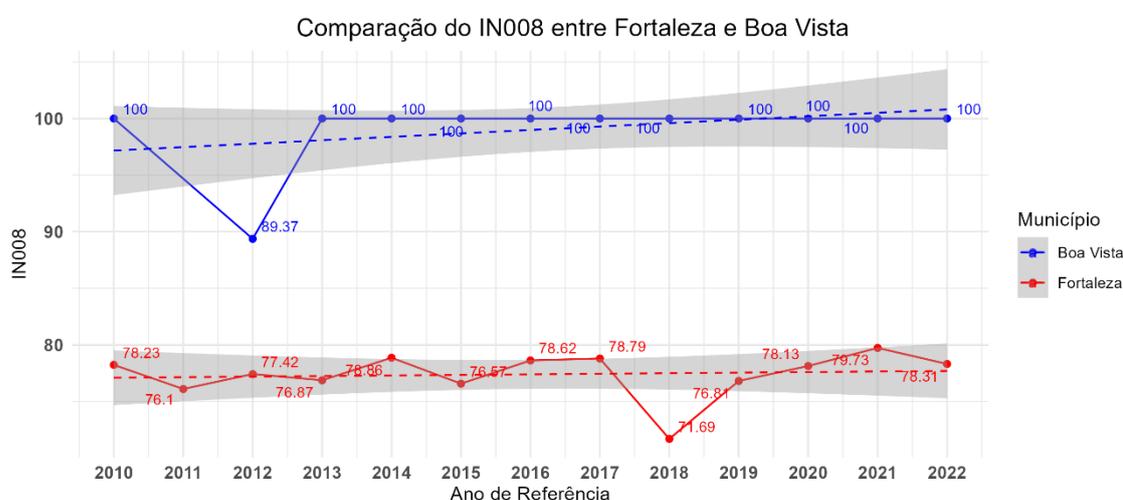
O aumento significativo da densidade populacional em um determinado local resulta em um aumento substancial na geração de resíduos. Quando o plano estratégico de gestão de resíduos e as infraestruturas existentes não são adequados para lidar com essa demanda crescente, as consequências podem ser graves, incluindo a degradação ambiental e a alteração do caráter da área (VOUKKALI *et al.*, 2023).

Não somente em Roraima, mas em toda a região Norte do Brasil, a gestão de resíduos sólidos enfrenta desafios como a modernização e a gestão financeira eficiente, devido à vasta extensão territorial, diversidade geográfica e dispersão populacional. Os centros urbanos são predominantemente periféricos e distantes das áreas mais desenvolvidas, afetando o acesso a serviços básicos como saneamento, saúde, educação e infraestrutura (VIEGAS *et al.*, 2024).

Diante desse cenário, é imperativo que as autoridades municipais adotem medidas eficazes para mitigar os impactos. Isso inclui a expansão e aprimoramento da infraestrutura existente, como a instalação de recipientes para reciclagem e unidades de compostagem. Além disso, é essencial promover campanhas de conscientização para educar a população sobre práticas adequadas de gestão de resíduos, incentivando a participação ativa na redução e manejo dos resíduos.

A figura 32 apresenta o indicador IN008 - Incidência de empregados de empresas contratadas no total de empregados no MRSU, que diz respeito ao percentual de funcionários terceirizados no total dos funcionários municipais, na área de MRSU. Em Fortaleza, a média é de 77,4% de empregados contratados por empresas terceirizadas, enquanto em Boa Vista a média é de 99,1%. Em Boa Vista, à exceção do ano de 2012, com 89,37, todos os demais anos foi 100%.

Figura 32 - IN008 - Incidência de empregados de empresas contratadas no total de empregados no manejo de resíduos sólidos urbanos



Fonte: (SNIS, 2024)

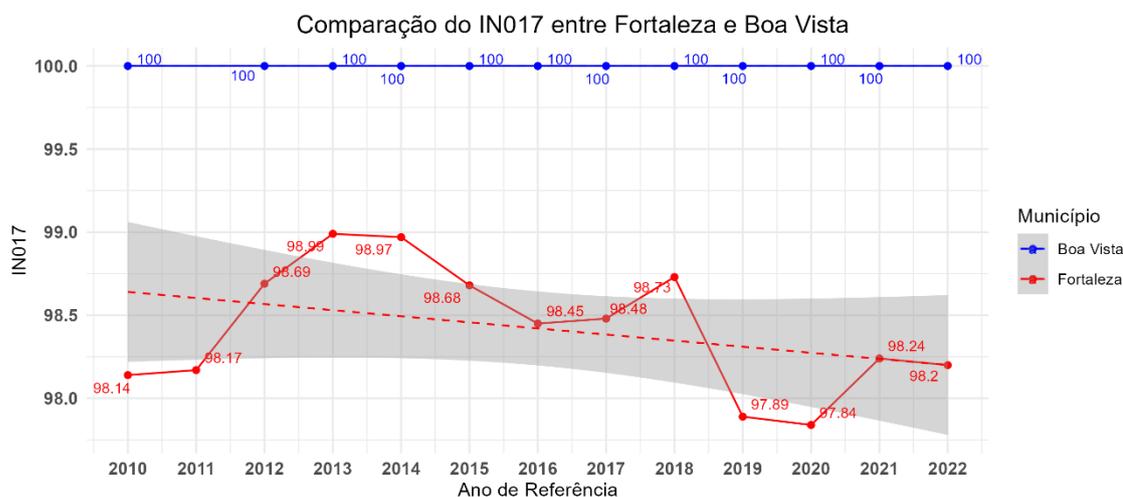
A terceirização (*outsourcing*, parceria, ou, ainda, subcontratação) emergiu como uma das formas de contratação altamente flexíveis no Brasil a partir dos anos 1990, tornando-se uma prática predominante em quase todos os setores econômicos, tanto na esfera pública quanto na privada. Trata-se de uma técnica gerencial que objetiva otimizar a produção ao transferir para terceiros a execução de determinadas tarefas (KIAN, 2006; SANTOS, 2024).

Do ponto de vista laboral, a terceirização pode contribuir para a precarização dos contratos de trabalho e das condições laborais, podendo resultar na deterioração da eficácia e qualidade dos serviços prestados, no aumento do sofrimento psicológico decorrente da precarização e na elevação dos índices de acidentes ocupacionais (SINGULANO; CASTELARI; EMMENDOERFER, 2022).

A terceirização dos serviços de gestão de resíduos sólidos é amplamente adotada por muitos municípios como um meio de melhorar a eficiência e reduzir os custos operacionais, aprimorar a qualidade dos serviços prestados e introduzir inovações tecnológicas na gestão de resíduos. Em virtude de os serviços de GRSU serem transversais a vários outros serviços e setores, como saúde e educação, no que se chama de serviços gerais (limpeza, manutenção, segurança, técnico-administrativo), são os serviços mais terceirizados por empresas, principalmente no que diz respeito aos serviços de limpeza (SINGULANO; CASTELARI; EMMENDOERFER, 2022).

Nesse sentido, o indicador IN017 trata especificamente do percentual dos resíduos coletados por agentes terceirizados. Na figura 33 é possível observar que os números de Boa Vista permanecem inalterados em 100%, porém em Fortaleza há um incremento que faz com que a média dos valores ultrapasse os 95%, demonstrando que a maior parte do pessoal terceirizado está nos serviços de coleta de RSU.

Figura 33 - IN017 - Taxa de terceirização do serviço de coleta de resíduos domésticos e resíduos públicos (RDO + RPU) em relação à quantidade coletada



Fonte: (SNIS, 2024)

Existem diferentes modelos de terceirização, desde a delegação completa dos serviços a uma empresa privada até a terceirização parcial de atividades específicas como a coleta ou o tratamento dos resíduos. Os dados de Boa Vista apontam para a terceirização completa dos serviços públicos de GRSU, enquanto que Fortaleza segue o mesmo padrão pelo menos no que diz respeito aos serviços de coleta.

A terceirização tornou-se prática mundialmente difundida e consolidada, ao mesmo tempo em que o modelo inicial vem sendo suplantado pela subcontratação irrestrita, que inclui também o repasse da execução da atividade-fim. Nos últimos anos, observou-se um progresso significativo no contexto legislativo da terceirização, especialmente após as modificações

introduzidas em 2017, quando a Lei nº 13.429/2017, também conhecida como “lei da terceirização” (BRASIL, 2017).

Por exemplo, o parágrafo 2º do artigo 4º da Lei da Terceirização (BRASIL, 2017) determina que não há vínculo empregatício entre os trabalhadores das empresas contratadas e a empresa tomadora de serviços, independentemente da área de atuação, o que pode suscitar preocupações no tocante à redução dos direitos trabalhistas e discrepância salarial entre funcionários que desempenham as mesmas funções.

Para garantir conformidade com normas ambientais e regulatórias, bem como abordar questões trabalhistas e contratuais, é essencial que os contratos estabeleçam claramente as responsabilidades das partes envolvidas e os critérios de desempenho esperados.

Os desafios no serviço público incluem a gestão adequada dos contratos durante todo o período de execução, no que diz respeito à legislação e a burocracia envolvidas, ao monitoramento eficaz com parâmetros específicos dos serviços terceirizados, à manutenção dos padrões de qualidade e ambientais e à integração dos sistemas de informação entre a administração municipal e o prestador de serviços terceirizado (SINGULANO; CASTELARI; EMMENDOERFER, 2022).

Como problema adicional, Krein (2007) descreveu a influência de uma manipulação política da mão de obra terceirizada, caracterizada por contratações e demissões direcionadas a objetivos eleitorais, visando aproveitar a força de trabalho para ganhos políticos durante períodos eleitorais.

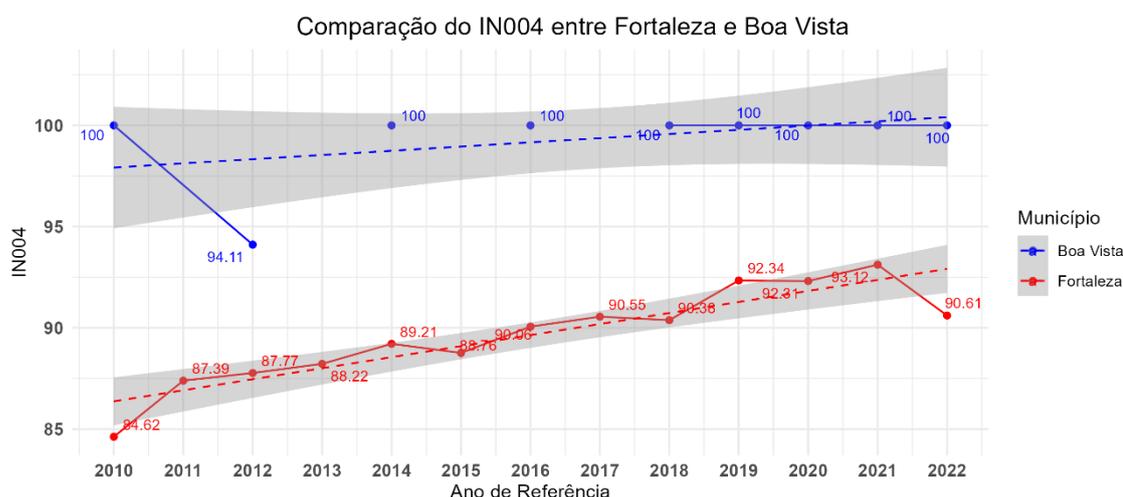
Em Fortaleza, há indícios de denúncia de atrasos de salários e benefícios por pelo menos seis empresas terceirizadas, referentes ao mês de dezembro de 2023, de mais de 3.500 servidores da educação. A gestão municipal ameaçou punir as empresas terceirizadas que não pagarem os salários dos trabalhadores em dia com cancelamento de contratos. De acordo com o sindicato da categoria, há também denúncias de ameaça contra trabalhadores, assédio moral, elaboração de listas de trabalhadores perseguidos (NOBRE, 2024).

De igual modo, notícias de 2020 relatam denúncias do Ministério Público de Contas de Roraima (MPC-RR) sobre atraso salarial para empregados de empresas terceirizadas, neste caso por ausência de repasse da prefeitura de Boa Vista (MPC, 2020). Em 2023 a história se repete com servidores terceirizados da Secretaria de Educação (Seed), que estavam há dois meses sem receber os salários, levando a empresa a ser multada em R\$ 800 mil (RORAIMA EM TEMPO, 2023).

A superação desses desafios demanda um planejamento cuidadoso das contratações, análise de viabilidade, estabelecimento de critérios para avaliação da qualidade e fiscalização rigorosa do cumprimento dos contratos (SILVA, 2024).

Sobre as despesas municipais, a figura 34 mostra a progressão do indicador IN004 - Incidência das despesas com empresas contratadas para execução de serviços de MRSU nas despesas com MRSU.

Figura 34 - IN004 - Incidência do custo dos serviços terceirizados de manejo de resíduos sólidos urbanos nas despesas com manejo de resíduos sólidos urbanos



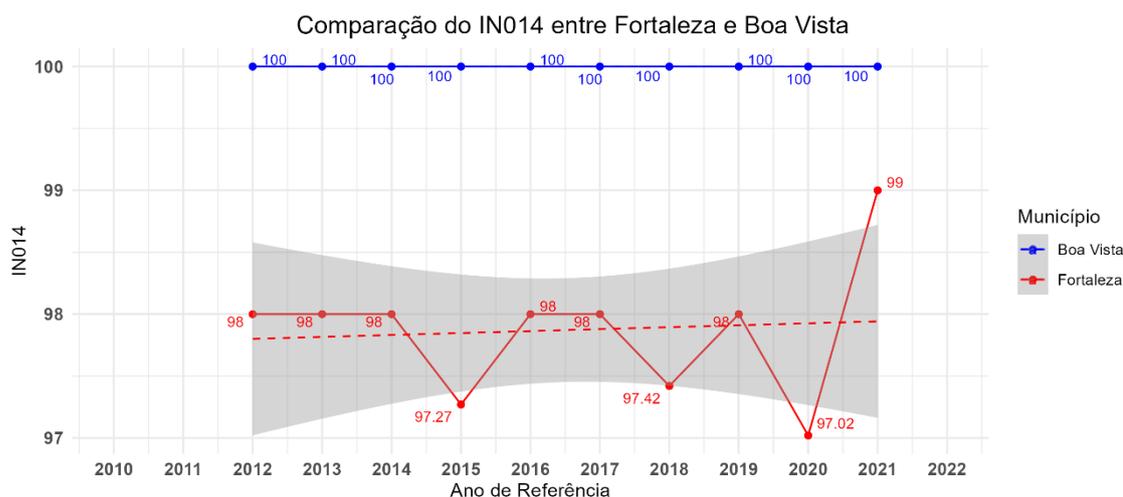
Fonte: (SNIS, 2024)

Os dados mostram que, em Boa Vista, todo o recurso é disponibilizado a empresas terceirizadas, e em Fortaleza uma média de 89,6% dos recursos tem o mesmo destino. Em Boa Vista, nos anos de 2013, 2015 e 2017 não houve fornecimento de nenhuma informação e somente o ano de 2012 destinou 94,1% das despesas com empresas terceirizadas, e em todos os demais anos informados foi destinado 100%.

4.5.3 Coleta Domiciliar

A figura 35 apresenta o IN014 - Taxa de cobertura do serviço de coleta domiciliar direta (porta-a-porta) da população urbana do município, em valores percentuais. A partir dos dados, é possível observar que o município de Boa Vista apresenta uma taxa de coleta de 100% no período, enquanto que Fortaleza apresenta uma taxa média de 97,9% de coleta domiciliar no período.

Figura 35 - IN014 - Taxa de cobertura da coleta domiciliar direta (porta-a-porta) da população urbana do município.



Fonte: (SNIS, 2024)

Os índices de coleta de resíduos no Brasil são indicadores fundamentais para avaliar a eficiência e a cobertura dos serviços de MRSU no país. Esses índices são calculados com base na quantidade de resíduos coletados em relação à quantidade total gerada pela população, fornecendo uma visão geral da eficácia dos serviços de coleta.

A cobertura total de coleta no Brasil é 90,39%, sendo que as regiões norte e nordeste possuem os menores níveis 79,1 e 84,4, respectivamente (SNIS, 2024).

O fato de as cidades aqui analisadas se tratarem de duas capitais pode explicar o fenômeno de que os índices de coleta de resíduos são mais altos em comparação com cidades menores e áreas rurais, devido a uma série de fatores que influenciam diretamente na capacidade e eficiência dos serviços de MRSU.

As capitais possuem uma infraestrutura mais desenvolvida, o que inclui maior disponibilidade de veículos, equipamentos e instalações adequadas para o manejo e tratamento dos resíduos. Além disso, devido ao tamanho populacional e à importância econômica, há um maior investimento público destinado à gestão de resíduos, permitindo uma cobertura mais ampla e frequência maior na coleta dos resíduos (JAMES, 2024).

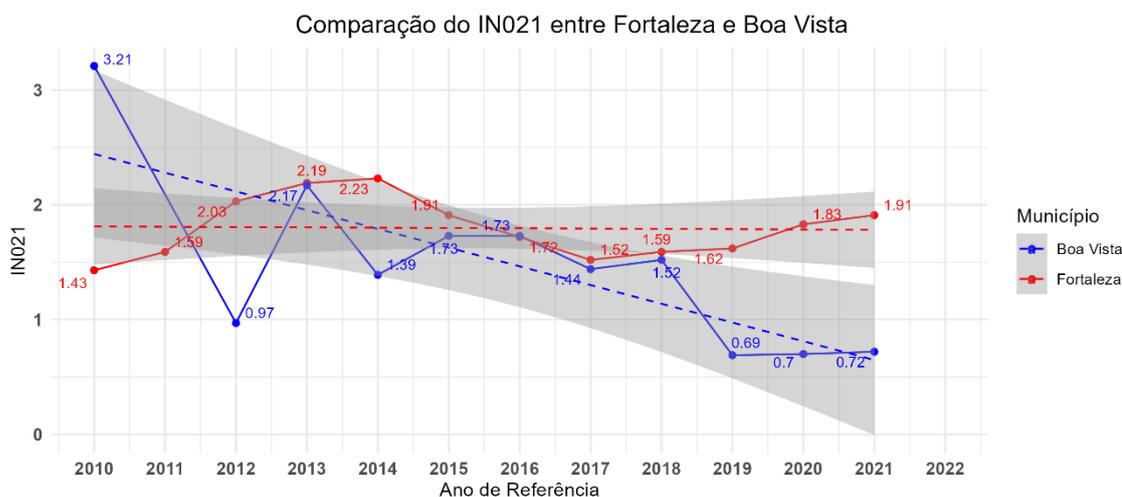
Além disso, a capacidade administrativa e operacional das capitais é geralmente mais robusta, o que facilita o planejamento, coordenação e execução eficiente dos serviços de manejo de resíduos. Isso inclui a implementação de políticas de gestão de resíduos, monitoramento adequado e rápida resposta a desafios operacionais. Por fim, há frequentemente uma maior conscientização ambiental e participação da população em programas de separação de resíduos

e reciclagem, contribuindo para uma gestão mais sustentável dos resíduos sólidos urbanos (JAMES, 2024).

Apesar dos benefícios da coleta de resíduos, há disparidades significativas na cobertura e na qualidade dos serviços, especialmente em áreas periféricas ou com infraestrutura urbana menos desenvolvida. A pesquisa de Medeiros e Morais (2024) identificou uma desigualdade marcante nos serviços sanitários, favorecendo a elite e negligenciando as populações mais pobres e as cidades menores, além de priorizar o abastecimento de água em detrimento de outros serviços essenciais. Segundo os autores, revisar as políticas de saneamento básico é necessário para abordar e mitigar essas disparidades, garantindo inclusão das populações mais vulneráveis nas áreas urbanas periféricas.

Já a figura 36 apresenta o indicador IN021 - Massa coletada (RDO + RPU) *per capita* em relação à população urbana. A média da massa coletada por pessoa em Fortaleza no período (1,80kg/hab/dia) é maior do que em Boa Vista (1,48 kg/hab/dia).

Figura 36 - IN021 - Massa coletada de resíduos domésticos e resíduos públicos (RDO + RPU) per capita em relação à população urbana



Fonte: (SNIS, 2024)

É possível que a massa coletada per capita seja maior em Fortaleza devido ao fato de a cidade ter passado por significativas transformações ao longo das últimas décadas em termos de urbanização, desenvolvimento industrial e crescimento econômico, visto que Fortaleza é uma das cidades que mais cresce no Brasil em termos populacionais e urbanos (FUNDAÇÃO DEMÓCRITO ROCHA, 2021).

A produção de resíduos sólidos aumentou significativamente nos últimos anos devido à urbanização, expansão econômica e padrões de vida mais elevados (CHIOATTO; KHAN; SOSPIRO, 2023). A postura contemporânea da sociedade em relação ao uso crescente de produtos de ciclo de vida curto e embalagens descartáveis tem exacerbado a situação. O

desenvolvimento urbano desordenado e acelerado resulta no aumento volumétrico dos RSU (FERREIRA; BARROS, 2021).

A maior massa coletada per capita em Fortaleza também se relaciona com o turismo, que é um ponto de destaque para Fortaleza e que tem impactos diretos na geração de RSU. Devido suas praias, infraestrutura hoteleira e eventos culturais atraindo visitantes nacionais e internacionais (DIAS; CORIOLANO, 2022).

Diversos autores identificaram que a indústria do turismo é um dos maiores e mais importantes setores que contribuem para o aumento na produção de resíduos sólidos (TSAI *et al.*, 2021; MARTINS; CRÓ, 2021; WANG; FILIMONAU; LI, 2021).

Estudo realizado por Voukkali *et al.* (2023) identificou que existe uma relação complexa entre as atividades turísticas e as pressões ambientais, o que implica que a intensa atividade turística sazonal resulta no contínuo aumento do número de acomodações e instalações turísticas, que resultam em incremento drástico na geração de resíduos que pode levar à degradação ambiental e modificação do caráter da área.

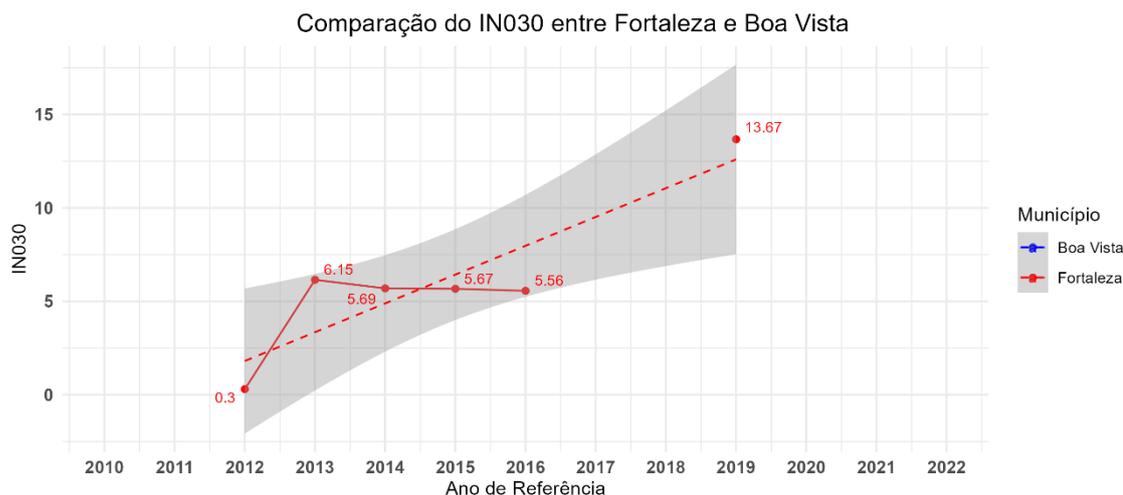
Xu *et al.* (2022), por sua vez, afirmam que, embora seja um dos setores econômicos de crescimento mais rápido, o turismo tem sido criticado por suas práticas insustentáveis, pois consome 5% do uso global de água, emite 5% das emissões globais de gases de efeito estufa e contribui com 20% das emissões totais de carbono.

4.5.4 Coleta Seletiva

A figura 37 apresenta o indicador IN030 - taxa de cobertura do serviço de coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana do município. No tocante à coleta seletiva, Boa Vista não realizou alimentação de dados de coleta seletiva. Já o município de Fortaleza apresentou dados escassos, visto que foram informados em menos da metade dos anos, no período aqui estudado. A última informação data do ano de 2019, ou seja, não foram informados dados relativos aos anos de 2020, 2021 e 2022.

A taxa de cobertura média do serviço de coleta seletiva porta-a-porta em Fortaleza é de 6,17%. A estratégia adotada em Fortaleza tem sido principalmente de entrega nos Pontos de Entrega Voluntária (PEV), localmente denominados Ecopontos.

Figura 37 - IN030 - Taxa de cobertura da coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana do município.



Fonte: (SNIS, 2024)

Apesar das diretrizes estabelecidas pela PNRS (BRASIL, 2010), a implantação eficaz da Coleta Seletiva no Brasil ainda é um desafio. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2024), 68% dos municípios não possuem nenhum tipo de coleta seletiva.

De acordo com Bastos e Nascimento-e-Silva (2022), a coleta seletiva é o ponto de partida para todas as outras etapas do processo de logística reversa, de modo que o seu mau funcionamento resulta em uma série de externalidades negativas que comprometem a qualidade de vida da população.

Os principais desafios para a realização da coleta seletiva são, por um lado, a falta de conhecimento e ação pela população, que em sua maioria não sabe quais materiais podem ser reciclados e como prepará-los, onde depositá-los ou quem virá coletá-los, configurando a falta de compreensão de uma ordem procedimental; e por outro lado, o desconhecimento institucional, na qual os atores que deveriam estar envolvidos e comprometidos com o processo de logística reversa não sabem quais papéis devem desempenhar para que a coleta seletiva funcione (BASTOS; NASCIMENTO-E-SILVA, 2022).

A inclusão socioproductiva dos catadores e a formalização da coleta seletiva são obstáculos adicionais, exacerbados por questões institucionais e políticas que dificultam a implementação efetiva de sistemas de coleta seletiva. A cooperação entre catadores, geradores, empresas e indústrias é fundamental para aumentar a quantidade e a qualidade dos materiais coletados (GUABIROBA *et al.*, 2023).

Ao analisar a questão, França e Barros (2024) afirmam que a existência de coleta seletiva e de reciclagem no Brasil é incipiente e sua expansão é muito lenta, marcada pela

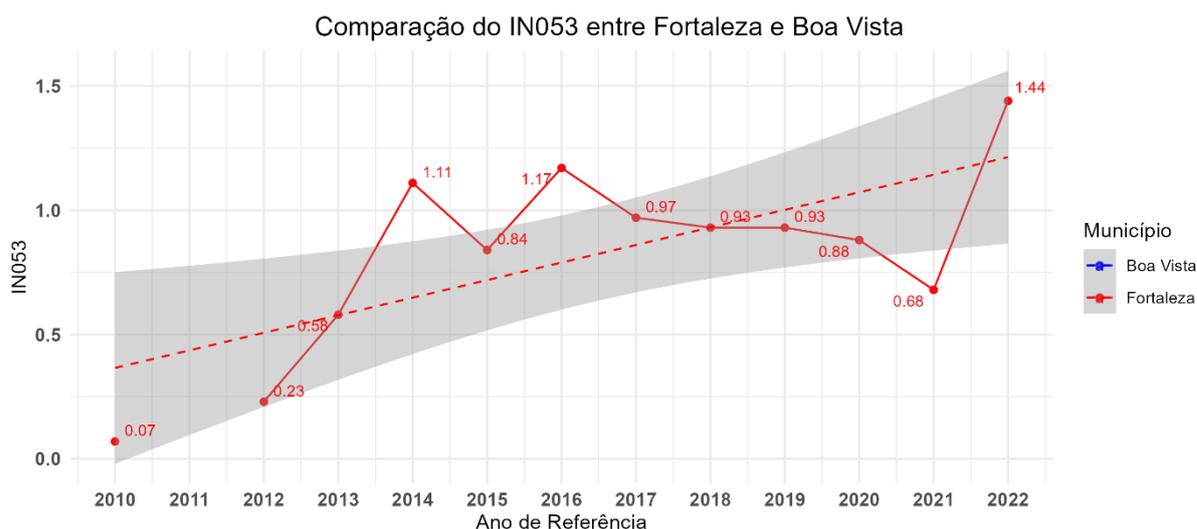
informalidade dos catadores e pelas condições precárias de trabalho. Os problemas permeiam questões de caráter institucional, financeiro, político e social e dificultam o pleno desenvolvimento de sistemas de coleta seletiva.

Não obstante, importante salientar que a não realização da coleta seletiva resulta em desperdício de recursos financeiros, dado que os resíduos sólidos geram matérias-primas que poderiam alimentar novos ciclos e processos produtivos por meio da reciclagem (BASTOS; NASCIMENTO-E-SILVA, 2022).

Por outro lado, estudo conduzido por Mattos *et al.* (2024) revelou um aumento significativo no número de municípios que adotaram o serviço de coleta seletiva, sendo fatores essenciais para essa expansão as iniciativas da sociedade civil, como a criação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis e o engajamento da população, com participação ativa da sociedade.

Os indicadores IN053 e IN054 somente apresentam dados de Fortaleza. No tocante ao IN053 - Taxa de material recolhido pela coleta seletiva no total de resíduos domésticos, na série histórica os valores variam entre 0,07 e 1,44%, conforme figura 38.

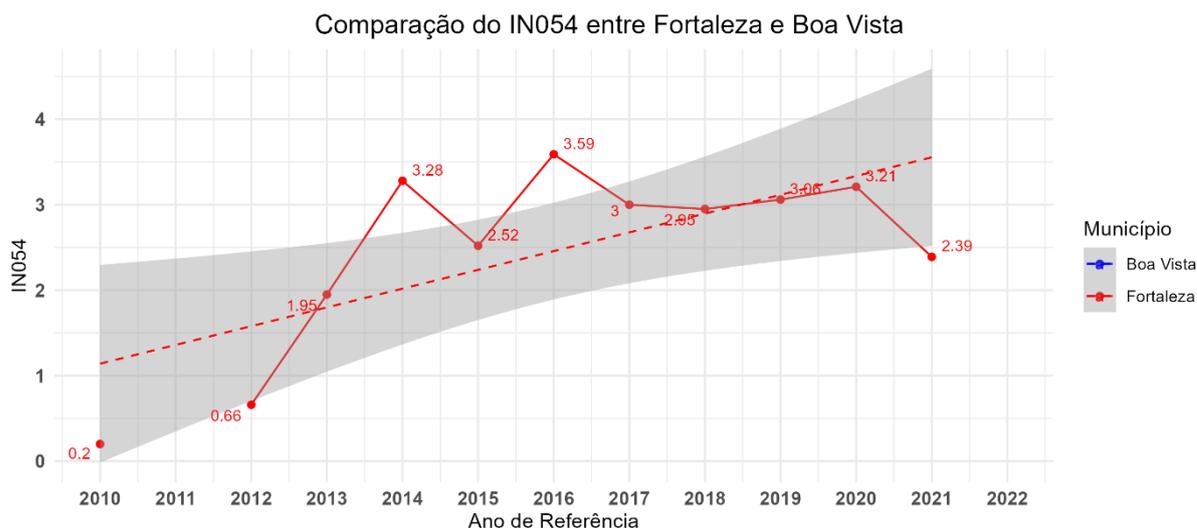
Figura 38 - IN053 - Taxa de material recolhido pela coleta seletiva (exceto mat. orgânica) em relação à quantidade total coletada de resíduos sól. Domésticos



Fonte: (SNIS, 2024)

Já em relação ao IN054 - Massa per capita de materiais recicláveis recolhidos via coleta seletiva (figura 39), a variação foi de 0,2 para 3,59 kg/hab/ano, ambos valores muito aquém do necessário para implementar uma cadeia de separação de resíduos e posterior reciclagem. Apesar dos valores tímidos, a tendência é crescente.

Figura 39 - IN054 - Massa per capita de materiais recicláveis recolhidos via coleta seletiva



Fonte: (SNIS, 2024)

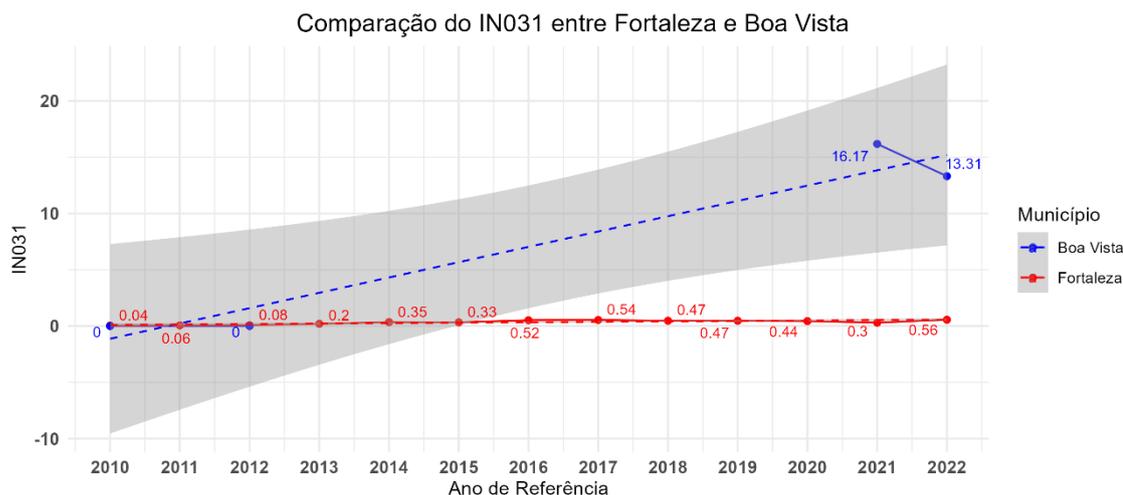
Em Fortaleza, apesar de não ter sido implantado a coleta seletiva porta-a-porta, diversas medidas tem sido adotadas em outras formas de coleta seletiva, notadamente no que diz respeito aos 101 ecopontos atualmente existentes na cidade, espaços estruturados onde os cidadãos levam materiais recicláveis para descarte de diferentes tipos de resíduos. A estratégia conta também com programas associados de incentivo e bonificação da população, que estimulam e alavancam a entrega de resíduos por parte da população e dos catadores de materiais (FORTALEZA, 2024a).

Os primeiros ecopontos de Boa Vista foram inaugurados nos meses de junho e julho de 2024, um deles no bairro Nova Cidade, escolhido por ser um dos maiores pontos de descarte irregular da cidade; e um segundo, no bairro Cidade Satélite (NORALES, 2024).

4.5.5 Reciclagem

A figura 40 apresenta os dados de reciclagem de resíduos. O indicador IN031 apresenta a taxa de recuperação de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à quantidade total (RDO + RPU) coletada. As dificuldades supramencionadas, no que diz respeito à coleta seletiva, tem impacto direto nos números de reciclagem.

Figura 40 - IN031 - Taxa de recuperação de materiais recicláveis em relação à quantidade total de resíduos domésticos e resíduos públicos (RDO + RPU) coletada



Fonte: (SNIS, 2024)

Apenas o município de Fortaleza disponibilizou informações do período de estudo que permitem visualizar uma série histórica. Boa Vista apresentou dados apenas de dois anos: 2021 e 2022, com média é de 14,7%, valores possivelmente superestimados, dada a discrepância com os outros valores e dados nacionais, cuja média é de 7,72% (SNIS, 2024). A taxa média de recuperação de materiais recicláveis em Fortaleza é de apenas 0,33%.

O Brasil enfrenta desafios consideráveis na promoção da reciclagem, o que se observa nas taxas muito aquém do ideal. Apesar dos avanços recentes, muitas regiões do país carecem de infraestrutura adequada para coleta seletiva e processamento de materiais recicláveis (CRUZ; FERREIRA; GARCIA, 2024).

Ao diminuir a demanda por matérias-primas virgens, a reciclagem contribui para a conservação de recursos naturais e reduz a contaminação por produtos tóxicos nos ecossistemas e as emissões de gases de efeito estufa associadas à extração e produção de novos materiais (CRUZ; FERREIRA; GARCIA, 2024).

Para incentivar a reciclagem e reduzir os problemas relacionados ao descarte inadequado de resíduos sólidos, a PNRS (BRASIL, 2010), incentiva a criação e o desenvolvimento de cooperativas e outras formas de associação entre catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.

Silva, Martins e Simioni (2023) defendem que projetos de reciclagem de resíduos devem passar por análise de viabilidade econômica, dado o montante de valor destinado à remuneração dos cooperados e a necessidade de investimento e manutenção na estrutura produtiva pelos elevados custos de operação e manutenção de máquinas e veículos.

Novamente, os estudos destacam que a importância das ações de educação ambiental e políticas públicas voltadas à separação adequada dos resíduos, o que resulta em redução dos custos de reciclagem e da fabricação de novos produtos, além de aumentar a vida útil dos aterros sanitários (GU *et al.*, 2022).

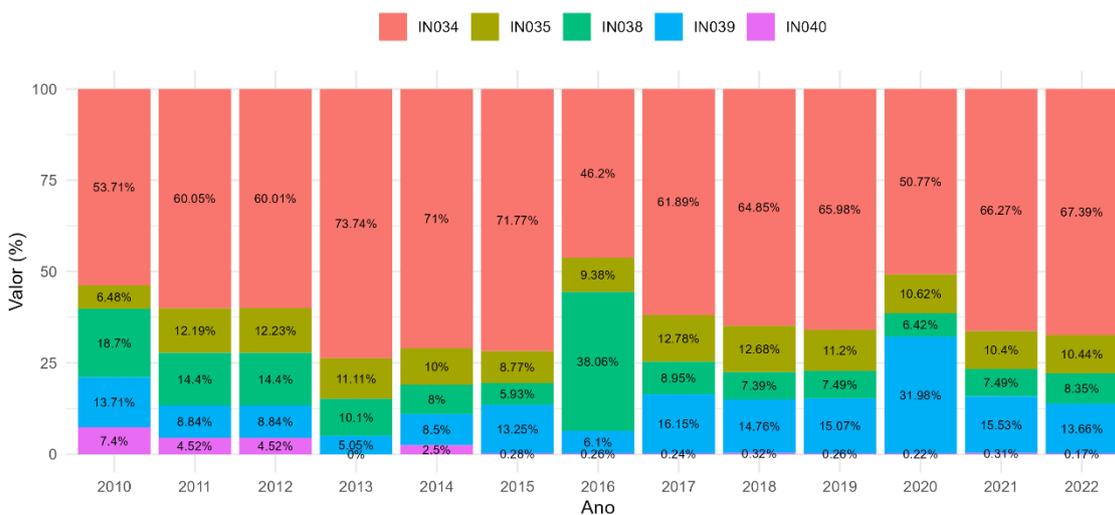
Nesse contexto, os catadores desempenham um papel fundamental na recuperação de materiais recicláveis, apesar das condições precárias e dos riscos associados à sua atividade. A inclusão social dos catadores nas políticas públicas não apenas reduzirão o impacto ambiental, mas também criarão empregos e renda, contribuindo para o desenvolvimento sustentável (CRUZ; FERREIRA; GARCIA, 2024).

A compreensão desses aspectos é fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes de incentivo à reciclagem e engajamento em todos os setores da sociedade, incluindo investimentos em infraestrutura de reciclagem, educação ambiental em escolas e comunidades, incentivos fiscais para práticas sustentáveis empresariais e programas de inclusão social para catadores e cooperativas de reciclagem.

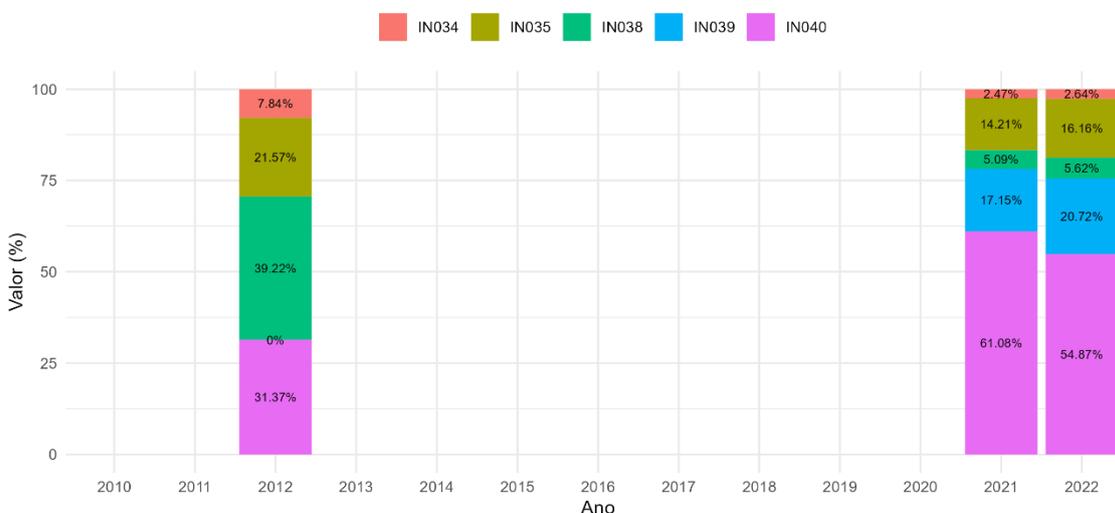
No que diz respeito ao tipo de material reciclado, a figura 41 apresenta as incidências de materiais recicláveis, em percentual, por tipo de material, divididos em: papel e papelão, plásticos, metais, vidros e outros materiais, dentro do total de materiais recicláveis nas duas realidades aqui analisadas.

Figura 41 - Consolidado dos indicadores de recuperação de materiais: papel e papelão (IN034), plásticos (IN035), metais (IN038), vidros (IN039), outros materiais (IN040).

A Fortaleza



B Boa Vista



Fonte: (SNIS, 2024)

Assim, é possível observar que, na média da série histórica, o maior índice de reciclagem informado em Boa Vista é de plásticos (17,31%), seguido de metais (16,6%), vidros (12,6%) e papelão (4,3%). Outros materiais totalizam 49,11%.

Já no caso de Fortaleza, na média da série histórica, o maior índice de reciclagem informado é de papel e papelão (62,6%), vidros (13,2%), metais (12%) e plásticos (10,64%). Demais materiais somam 1,6%.

Em nível nacional, de acordo com dados do SNIS, os materiais mais reciclados são papel e papelão (39,5%), seguidos por plásticos (25,1%), metais (16%), vidros (11,6%) e outros materiais (8%) (SNIS, 2024).

Já de acordo com os dados do Anuário da Reciclagem (PRAGMA, 2023), que estão alinhados com os dados recentes do SNIS, o papel/papelão permanece em primeiro lugar, representando 50,2% da quantidade destinada à reciclagem, com 891,59 mil toneladas. Em seguida surge o plástico, com 475,80 mil toneladas (26,8%). Esses dois materiais representam, portanto, 77% do total de materiais coletados e destinados à reciclagem pelas organizações de catadores, sendo os demais menos representativos.

O vidro, por exemplo, com 266,03 mil toneladas, representa 15% do total; outros metais representam 7%, com 124,87 mil toneladas; o alumínio representa 1%, com 16,02 mil toneladas; e outros materiais coletados somam apenas 0,55 mil toneladas, representando menos de 0,1% do total (PRAGMA, 2023).

Os dados completos sobre a quantidade de material reciclado no Brasil são imprecisos. Observa-se que nenhum dos dados dos dois municípios estão alinhados com os dados nacionais, o que denota pouca confiabilidade dos dados do SNIS no que diz respeito à coleta seletiva e reciclagem nas realidades aqui estudadas.

De acordo com dados do Anuário da Reciclagem (PRAGMA, 2023), 1.774.869,3 toneladas de resíduos foram recuperados no Brasil. Essa quantidade comercializada resultou em um faturamento de mais 1,5 bilhões de reais para as organizações de recuperação de material reciclável. A descrição dos materiais recicláveis nos estados das duas capitais está descrita na Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade e percentual de materiais recicláveis em Roraima e no Ceará, por tipo de material

Materiais	Roraima		Ceará	
	n (ton)	%	n (ton)	%
Papéis	2.291,11	95,9	18.104,54	39,0
Plásticos	46,59	1,9	12.597,73	27,1
Vidros	0	0	5.057,59	10,9
Metais	51,3	2,1	10.620,52	22,9
Outros	0	0	0,24	0
Total	2.388,99	100	46.380,61	100

Fonte: Adaptado de PRAGMA (2023)

Cabe salientar que o valor arrecadado pelas organizações de recuperação de material reciclável resultou em uma renda *per capita* média no Brasil de R\$ 1.372,52. Ao analisar os valores per capita por estado, observa-se que a renda média per capita no Ceará foi de R\$ 797,50, enquanto em Roraima foi de R\$ 475,00. Esses valores colocam ambos os estados entre aqueles que oferecem os menores pagamentos per capita aos catadores de materiais recicláveis.

Em particular, o valor pago em Roraima é pouco mais da metade do valor recebido no Ceará, evidenciando uma disparidade significativa. Essa discrepância destaca a necessidade urgente de apoio e investimento nas cooperativas de catadores de materiais recicláveis, para melhorar as condições de trabalho e assegurar uma remuneração mais justa para esses profissionais.

O Tabela 3 apresenta os percentuais de reciclagem dos principais materiais reciclados no Brasil, de acordo com dados do Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre), seguido da descrição dos dados de reciclagem por material.

Tabela 3 - Índice de reciclagem de resíduos secos provenientes de embalagens

Resíduos Recicláveis de Embalagens	Índice de Reciclagem	Ano-base	Referência
Aço	47,8%	2023	Abeaço (Associação Brasileira de Embalagem de Aço)
Alumínio	100%	2023	Recicla Latas
Papel/papelão	85%	2022	Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ)
Embalagem multicamada	39,1%	2021	CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem)
Plástico	25,6%	2022	Abiplast
Vidro	25,8	2022	Abividro (Associação Brasileira das Indústrias de Vidro)

Fonte: Adaptado de CEMPRE (2024)

4.5.5.1 Plástico

De acordo com dados da Cempre, 23,4% de todo o plástico produzido em 2022 foram reciclados. Devido suas características os plásticos são amplamente utilizados em diversos produtos, uma vez que são facilmente moldados.

No Brasil, a norma técnica do plástico (NBR 13.230:2008), foi criada de acordo com os critérios internacionais. A norma separa os plásticos em sete categorias (PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, OS e outros), sendo a última opção geralmente utilizada para produtos de plásticos produzidos a partir de diversas resinas e materiais.

Quadro 5 - Tipos de plásticos

Tipo de Plástico	Sigla	Utilização
Politereftalato de etileno	PET	Garrafas de bebidas, vassouras, cartões bancários, brinquedos, tapetes, etc
Polietileno de alta densidade	PEAD	Garrafas de produtos de limpeza, garrafas de leite e suco, frascos de detergente, frascos de sorvete e xampu, sacos para congeladores, etc.
Policloreto de Vinila	PVC	Tubulações, cabos, bolsas de sangue, mangueiras de jardim, sola de sapato, garrafas, etc.
Polietileno de baixa densidade	PEBD	Sacolas, envelopes, embalagens para comida, sacos de lixo, etc
Polipropileno	PP	Filmes para alimentos, potes, fraldas, seringas descartáveis, escova, bandejas, pratos para micro-ondas etc
Poliestireno	PS	Pote de iogurte, sorvete, tampas, brinquedo, placa de isolamento térmico, bandeja, caixa de CD, brinquedos, etc
Outros	-	CD, DVD, embalagens multimarca para biscoito, peças de carro, computadores, etc

FONTE: Adaptado de OLIVEIRA; ATHAYDE JÚNIOR E MORAIS JÚNIOR (2022)

Dada a alta taxa de consumo e a lenta decomposição dos plásticos, esses materiais podem gerar vários impactos ambientais negativos. A disposição inadequada dos plásticos resulta na redução da vida útil de lixões e aterros sanitários, bloqueio de drenagem que pode levar a alagamentos urbanos, aumento de doenças e mortes em animais devido à ingestão desses materiais e poluição dos rios e mares, com posterior alteração dos habitats das espécies aquáticas, destruição do plâncton e fitoplâncton, assim como danos da saúde animal e humana pela ação das nanopartículas de poliestireno, à medida que os poluentes podem ser transferidos por meio da cadeia alimentar (COMANITA *et al.*, 2016).

4.5.5.2 Metais

Acerca dos metais, existem diferentes tipos, extraídos dos minérios presentes nos solos e rochas. Dos metais, o alumínio desempenha papel de destaque na indústria de produção e reciclagem brasileira. Este metal é obtido a partir da mineração de bauxita e deve ser constituído de no mínimo de 30% de óxido de alumínio para ser economicamente viável (OLIVEIRA; ATHAYDE JÚNIOR; MORAIS JÚNIOR, 2022).

Em 2023, 100% das latas de alumínio foram recicladas. Das 415 mil toneladas de latas comercializadas no período, 409 mil toneladas foram recicladas. O Brasil é o país que mais contribui para a reciclagem do alumínio no mundo. O resultado é um recorde histórico e mantém o Brasil na liderança mundial, consolidando o país como referência internacional. (CEMPRE, 2024)

Já em relação à reciclagem do aço, 47,8% das latas de aço consumidas no Brasil foram recicladas em 2023. O aço é um dos metais mais reciclados do mundo e pode ser utilizado na produção de eletrodomésticos, automóveis e objetos variados, como tesoura, maçaneta, dentre outros (ABRALATAS, 2023).

4.5.5.3 Embalagens longa vida

No tocante às embalagens longa vida, 39,1% foi o percentual reciclado no Brasil, em 2021. As embalagens longa vida são compostas de camadas de papel, polietileno de baixa densidade e alumínio. São totalmente recicláveis, e cerca de 80% dos materiais usados para a sua fabricação são provenientes de fontes renováveis (CEMPRE, 2024).

4.5.5.4 Papel

O índice de reciclagem do papel em geral, em 2022, foi de 85%. O papel é um dos produtos com maior taxa de reciclagem no Brasil, o que o torna um dos principais recicladores de papel do mundo (CEMPRE, 2024; OLIVEIRA; ATHAYDE JÚNIOR; MORAIS JÚNIOR, 2022).

4.5.5.5 Vidro

Em relação ao vidro, 25,8% foi reciclado no ano de 2022. O vidro pode ser reciclado infinitamente e totalmente reaproveitado. Ainda assim, sua taxa de reciclagem ainda é baixa no Brasil, devido a dificuldades e baixo incentivo no processo da reciclagem, que depende de alta tecnologia.

Pelo fato de ser um material inerte, o descarte inadequado do vidro pode o acumular em diversas localidades, com impactos na paisagem e na ocorrência de acidentes, especialmente com os trabalhadores que realizam a coleta dos resíduos (OLIVEIRA; ATHAYDE JÚNIOR; MORAIS JÚNIOR, 2022).

4.6 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE INDICADORES

No tocante à análise estatística inferencial, empregou-se uma abordagem estatística abrangente para garantir a precisão e a robustez das análises dos dados. Assim, para validação

prévia dos dados realizou-se alguns testes para verificar a normalidade dos dados, como o teste de Shapiro-Wilk, presença de outliers e homoscedasticidade. Os principais resultados estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Testes de normalidade de dados e valor de p

Município	Variável	n	W	p.value	Normal	Outliers
Fortaleza	IN001	12	0,94067122	0,50681649	Sim	Não
Fortaleza	IN003	13	0,91472476	0,21275444	Sim	Não
Fortaleza	IN004	13	0,96432513	0,81864911	Sim	Sim
Fortaleza	IN005	0			*	Não
Fortaleza	IN007	13	0,80878712	0,00868494	Não	Sim
Fortaleza	IN008	13	0,80878712	0,00868494	Não	Sim
Fortaleza	IN011	0			*	Não
Fortaleza	IN014	10	0,84529932	0,05105797	Sim	Sim
Fortaleza	IN021	12	0,94283242	0,53561377	Sim	Não
Fortaleza	IN030	6	0,83886365	0,1275658	Sim	Sim
Fortaleza	IN031	13	0,8970554	0,12184974	Sim	Não
Fortaleza	IN034	13	0,94575214	0,53553327	Sim	Sim
Fortaleza	IN035	13	0,92587893	0,30073696	Sim	Sim
Fortaleza	IN038	13	0,66175285	0,000236	Não	Sim
Fortaleza	IN039	13	0,81745022	0,01107003	Não	Sim
Fortaleza	IN040	13	0,68368498	0,00038294	Não	Sim
Fortaleza	IN053	12	0,94790271	0,60655422	Sim	Sim
Fortaleza	IN054	11	0,84239336	0,03394483	Não	Sim
Boa Vista	IN001	11	0,90666879	0,22259574	Sim	Não
Boa Vista	IN003	11	0,92177028	0,33366141	Sim	Não
Boa Vista	IN004	9	0,3898413	3,2175E-07	Não	Sim
Boa Vista	IN005	9	0,76993404	0,00922086	Não	Não
Boa Vista	IN007	12	0,32692754	1,2073E-06	Não	Sim
Boa Vista	IN008	12	0,32692754	1,2073E-06	Não	Sim
Boa Vista	IN011	11	0,64598055	0,00009584	Não	Sim
Boa Vista	IN014	10			**	Não
Boa Vista	IN021	11	0,88788168	0,13083255	Sim	Sim
Boa Vista	IN030	0			*	Não
Boa Vista	IN031	4	0,80236287	0,10652521	Sim	Não
Boa Vista	IN034	3	0,77371847	0,05318922	Sim	Não
Boa Vista	IN035	3	0,93138714	0,49382533	Sim	Não
Boa Vista	IN038	3	0,76164379	0,02588393	Não	Não
Boa Vista	IN039	3	0,87474874	0,30911444	Sim	Não
Boa Vista	IN040	3	0,89855973	0,38093176	Sim	Não
Boa Vista	IN053	0			*	Não
Boa Vista	IN054	0			*	Não

* Número de observações fora do intervalo 3-5000.

** Todos os valores são idênticos

Fonte: Gerado no software R Studio, a partir dos dados do SNIS (2024)

Dentre os 18 indicadores analisados, 12 foram excluídos das análises de correlação devido à escassez de dados ou à presença de anomalias que poderiam enviesar os resultados. Outliers significativos também foram identificados e excluídos das análises estatísticas para evitar distorções nos resultados.

Fator limitante ao estudo foi a ausência de muitos dados de indicadores nas séries temporais. Alguns indicadores possuíam ausência de 4 ou mais indicadores na série (IN031, IN034, IN035, IN038, IN039, IN040). Outros indicadores não possuem nenhuma informação de um dos municípios (IN005, IN011, IN030, IN053 e IN054) e, por fim, o indicador IN014 possui valores repetidos em toda a série temporal no município de Boa Vista.

A ausência de dados do SNIS pode representar um desafio significativo não somente para a realização desse estudo, mas também para a gestão e melhoria dos serviços de MRSU e saneamento básico no Brasil, visto que, sem dados atualizados e completos, as autoridades ficam impossibilitadas de monitorar a qualidade dos serviços, identificar áreas de necessidade e planejar intervenções eficazes.

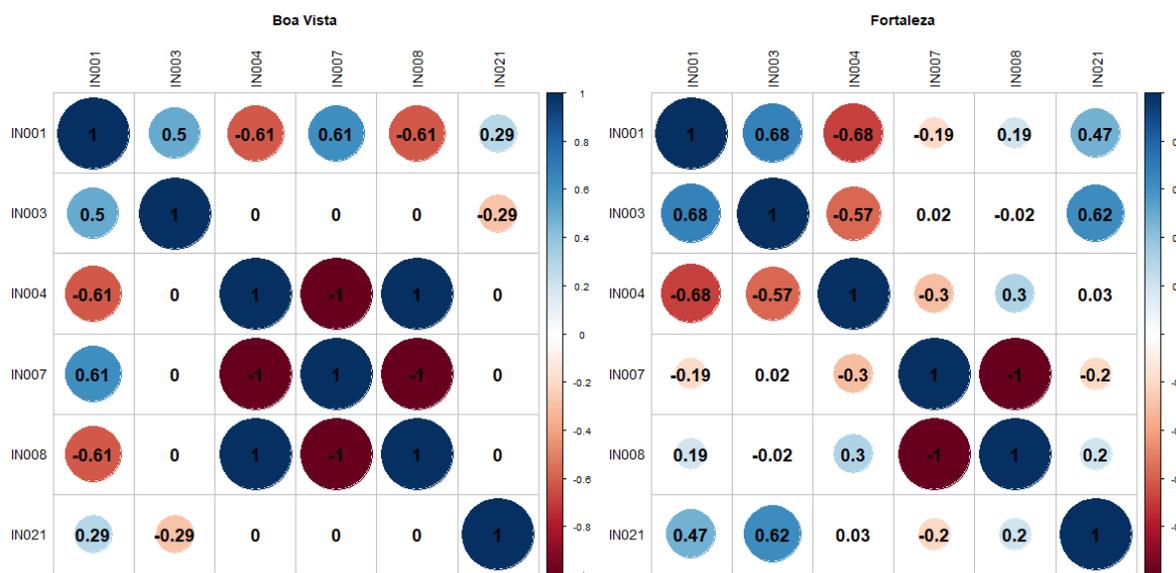
Outro impacto significativo da falta de dados é a redução da transparência, da responsabilização e do controle social. A divulgação de informações detalhadas sobre os serviços de MRSU permite à população e aos órgãos de controle acompanhar o desempenho das operadoras e cobrar melhorias quando necessário. Sem dados disponíveis, torna-se mais difícil para a sociedade civil exercer um papel ativo na fiscalização e na demanda por qualidade e eficiência desses serviços.

Finalmente, a ausência de dados também compromete a capacidade de realizar planejamentos estratégicos e de longo prazo, que dependem de uma compreensão clara das condições atuais, das tendências e das projeções futuras, dificultados por dados ausentes ou desatualizados.

Para superar esses desafios, é essencial que haja um esforço coordenado para melhorar a coleta, a gestão e a divulgação de dados, garantindo que o sistema de saneamento possa atender de forma mais eficaz às necessidades da população e promover a melhoria contínua dos serviços.

As correlações realizadas entre os demais indicadores pelo teste de correlação de Spearman estão apresentadas na matriz de correlação da Figura 42.

Figura 42 – Matriz de correlação de Spearman



Fonte: Gerado no software R Studio, a partir dos dados do SNIS (2024)

Para uma interpretação mais detalhada das correlações, utilizou-se a classificação proposta por Hinkle; Wiersma e Jurs (2003). De acordo com essa classificação, uma correlação é separada em 5 categorias e é considerada "Muito forte" quando o coeficiente varia de 0,90 a 1,00; "Forte" quando está entre 0,70 e 0,89; "Moderada" quando varia de 0,50 a 0,69; "Fraca" quando está entre 0,30 e 0,49; e "Insignificante" quando o coeficiente é de 0,10 a 0,29. Esta abordagem permite uma análise mais precisa e nuançada das relações entre variáveis, facilitando a compreensão do grau de associação identificado.

4.6.1 Correlações identificadas

Duas correlações foram identificadas nos indicadores de ambos os municípios. Identificamos correlação muito forte negativa entre IN007 (Incidência de empregados próprios no total de empregados no manejo de RSU) e IN008 (Incidência de empregados de empresas contratadas no total de empregados no manejo de RSU) nos dois municípios, o que fortalece a ideia de que a maior parte dos trabalhadores no MRSU advém de empresas contratadas e pessoal terceirizado. A correlação é óbvia pelo fato de os empregados serem divididos em servidores públicos e terceirizados, com aumento inversamente proporcional, não havendo necessidade de discussão da temática.

Correlação negativa moderada entre IN001 (Taxa de empregados em relação à população urbana) e IN004 (Incidência do custo dos serviços terceirizados de manejo RSU nas despesas com manejo de RSU), tanto em Boa Vista quanto em Fortaleza), fato que indica que

a contratação de mais empregados em relação à população urbana é inversamente proporcional à incidência dos custos dos serviços terceirizados municipais, o que, em tese, parece não fazer sentido, visto que o maior número de contratações reflete diretamente na maior incidência de custos.

No entanto, em alguns casos, a contratação de mais terceirizados pode contribuir para a redução do gasto público, mas essa estratégia também tem suas complexidades e não é uma solução universal. A terceirização pode diminuir os custos fixos com pessoal, como salários, benefícios e encargos sociais, pois a responsabilidade por esses custos recai sobre a empresa terceirizada, além de questões relacionadas aos direitos trabalhistas e condições de trabalho, que precisam ser monitoradas e reguladas para evitar práticas abusivas.

Em consequência, a terceirização pode também gerar maiores custos indiretos, como a necessidade de supervisão e gerenciamento dos contratos, que podem exigir pessoal adicional e recursos para garantir que os serviços terceirizados atendam aos padrões esperados. Sob a ótica da gestão, uma combinação equilibrada de servidores públicos e terceirizados pode oferecer a solução mais eficaz para atender às demandas do setor público.

Correlação muito forte negativa entre foi identificada entre o IN004 (Incidência do custo dos serviços terceirizados de manejo RSU nas despesas com manejo de RSU) e IN007 (Incidência de empregados próprios no total de empregados no manejo de RSU) nos indicadores de Boa Vista. Os dados nos permitem inferir que, quanto mais aumenta a quantidade de empregados próprios, diminui-se os custos com serviços terceirizados. Cabe salientar que essa correlação não acontece com os indicadores de Fortaleza.

Servidores públicos, por serem funcionários permanentes, oferecem estabilidade e continuidade nos serviços, o que ajuda a preservar o conhecimento institucional e a garantir que as políticas públicas sejam executadas de acordo com os objetivos governamentais. A presença de servidores permite um controle mais direto e eficaz sobre a execução dos serviços, além de possibilitar o desenvolvimento contínuo de competências internas. Por outro lado, empresas terceirizadas podem trazer inovações e tecnologias que não estão disponíveis dentro da administração pública, contribuindo para a melhoria dos serviços.

Também de modo isolado nos indicadores de Boa Vista, foi possível identificar também correlação positiva moderada de IN001 (Taxa de empregados em relação à população urbana) com IN003 (Incidência das despesas com o manejo de RSU nas despesas correntes da prefeitura) e também com o IN007 (Incidência de empregados próprios no total de empregados no manejo de RSU), o que sugere uma relação direta entre o aumento da taxa de empregados e

duas dimensões importantes da gestão pública: o número de servidores públicos e o nível de despesas com manejo de resíduos.

Proporcionalmente falando, Boa Vista possui menos empregados públicos e mais terceirizados em relação a Fortaleza. A diferença no número de servidores públicos dedicados ao MRSU entre Boa Vista e Fortaleza reflete as disparidades nas estruturas administrativas e nas demandas de cada cidade. Em Boa Vista, a menor quantidade de servidores públicos alocados para o MRSU é um reflexo da escala menor e da menor complexidade das operações na cidade.

O aumento da taxa de empregados pode ser um reflexo do crescimento urbano e da expansão econômica. Com uma população urbana crescente e um aumento no número de trabalhadores, há uma demanda crescente por serviços públicos, incluindo o manejo de resíduos. Isso pode resultar em uma maior necessidade de alocar recursos e pessoal para lidar com o volume aumentado de resíduos gerados pela população crescente, o que alinhado com a correlação estabelecida entre os indicadores IN001 com IN003 e IN007.

Por outro lado, manter um número reduzido de servidores públicos em Boa Vista pode trazer várias vantagens significativas. Primeiramente, a redução no número de servidores diminui os gastos com salários, benefícios e encargos sociais, aliviando a pressão sobre o orçamento público e possibilitando uma alocação mais eficiente dos recursos disponíveis. Com uma estrutura administrativa mais enxuta, a eficiência operacional tende a aumentar, reduzindo a burocracia e agilizando processos, o que melhora a rapidez e a qualidade dos serviços prestados à população.

Ainda no tocante aos indicadores de Boa Vista, correlação negativa moderada foi identificada entre IN001 (Taxa de empregados em relação à população urbana) e IN008 (Incidência de empregados de empresas contratadas no total de empregados no manejo de RSU), o que sugere que, à medida que a taxa de empregados em relação à população urbana aumenta, a proporção de empregados de empresas contratadas no total de empregados envolvidos no manejo de RSU tende a diminuir. Em outras palavras, quando há um maior número de empregados em relação à população urbana, a dependência de trabalhadores de empresas contratadas para o manejo de resíduos pode ser menor.

Já no tocante aos indicadores do município de Fortaleza de forma isolada, 3 correlações moderadas foram identificadas, conforme descrito a seguir.

Identificou-se correlação positiva moderada entre IN001 (Taxa de empregados em relação à população urbana) e IN003 (Incidência das despesas com o manejo de RSU nas despesas correntes da prefeitura) em Fortaleza sugere que em cenários onde há uma maior taxa

de empregados na população urbana, as despesas com manejo de resíduos sólidos têm uma maior participação nas despesas correntes da prefeitura. A correlação positiva indica que esse aumento nas despesas é proporcional ao crescimento da força de trabalho na área urbana.

Correlação negativa moderada entre IN003 e IN004 (Fortaleza) indica que quanto maior a Incidência do custo dos serviços terceirizados de manejo RSU, menor se torna o seu custo.

Correlação positiva moderada entre IN003 (Incidência das despesas com o manejo de RSU nas despesas correntes da prefeitura) e IN021 (Massa coletada (RDO + RPU) per capita em relação à população urbana) em Fortaleza, indica que quanto maiores são as despesas da prefeitura com o manejo de resíduos sólidos, maior é o volume de resíduos coletados por pessoa na cidade.

Este fenômeno pode ser visto como um indicador de que os investimentos em infraestrutura e operações de manejo de resíduos estão sendo efetivamente direcionados para aumentar a eficiência e a abrangência da coleta de resíduos em Fortaleza. No entanto, essa relação também pode sugerir a necessidade de uma gestão cuidadosa dos recursos.

À medida que os gastos destinados ao tratamento e à gestão de resíduos crescem, observa-se um incremento proporcional na quantidade de resíduos sólidos coletados por pessoa. Isso ocorre porque maiores investimentos em infraestrutura e serviços de coleta permitem uma cobertura mais abrangente e eficiente das áreas urbanas, resultando em uma coleta mais completa e, portanto, em uma maior massa de resíduos recolhidos.

Investimentos elevados em manejo de resíduos geralmente incluem a aquisição de equipamentos modernos, o aprimoramento dos sistemas de coleta e a ampliação da capacidade dos centros de triagem e tratamento. Esses aprimoramentos não apenas aumentam a eficiência da coleta, mas também possibilitam a integração de mais áreas e bairros ao serviço, capturando uma quantidade maior de resíduos. Consequentemente, a massa de resíduos sólidos urbanos coletados per capita tende a crescer, refletindo o aumento das despesas com a gestão dos resíduos.

Além disso, o aumento das despesas com manejo de RSU frequentemente se traduz em um serviço mais abrangente e acessível para a população, reduzindo a quantidade de resíduos que poderia ser descartada inadequadamente. Quando os serviços de coleta e tratamento são mais eficientes e abrangentes, é possível alcançar uma maior parte da população e assegurar que uma maior quantidade de resíduos seja corretamente recolhida e processada.

Deste modo, de tudo que se pode abstrair, a autossuficiência financeira ainda é um desafio, o trabalho predominantemente terceirizado tende à precarização das relações de trabalho. A coleta domiciliar tende à universalização, enquanto a coleta seletiva ainda caminha

a passos lentos, impactando diretamente nas taxas de reciclagem, já limitadas pela ausência e alto custo de novas tecnologias.

Na falta de clareza das associações entre variáveis, os autores Perissinotto (2013) e Sartori (1991) já alertaram que um desenho de pesquisa que se baseia em poucos casos, mas contempla muitas variáveis, pode inviabilizar a formulação de inferências causais seguras. Essa limitação se agrava com a ausência de dados robustos e incompletude dos indicadores nas séries históricas, que podem comprometer as comparações necessárias para uma análise confiável, o que reforça a prudência na conclusão dos resultados.

Diante dessas considerações, o uso de outros métodos no presente trabalho, como abordagens qualitativas ou quantitativas complementares, fortalece a robustez dos resultados. Essas metodologias proporcionam uma triangulação de dados que minimiza as limitações observadas, permitindo uma análise mais abrangente e conclusões mais confiáveis. Assim, a diversidade metodológica não só enriquece a pesquisa, mas também oferece um suporte sólido para as inferências finais.

4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo proporcionou uma análise comparativa da série histórica de diversos indicadores relacionados ao manejo de resíduos sólidos urbanos (MRSU) nos municípios de Boa Vista, Roraima, e Fortaleza, Ceará, entre os anos de 2010 e 2022.

A avaliação da autossuficiência financeira e dos gastos municipais com o MRSU revela que Boa Vista apresenta uma proporção significativamente maior de despesas com o manejo de resíduos e demonstra um crescimento constante na autossuficiência financeira, caracterizado por uma arrecadação per capita de taxas que se apresenta bem estruturada e em ascensão. Em contraste, Fortaleza, que iniciou a cobrança de taxas apenas em 2023, enfrenta dificuldades financeiras e uma crescente necessidade de aportes para garantir a continuidade da gestão dos resíduos.

No que tange ao trabalho formal, Boa Vista apresenta uma taxa superior de empregados por mil habitantes, em comparação com Fortaleza. Contudo, ambos os municípios dependem de forma expressiva da terceirização nos serviços de manejo de resíduos sólidos urbanos. Boa Vista terceiriza integralmente os serviços, enquanto Fortaleza conta com aproximadamente 77,4% de seus trabalhadores terceirizados.

Com relação à coleta domiciliar, Boa Vista mantém uma cobertura de 100%, superando a taxa média de 97,9% de Fortaleza. No entanto, Fortaleza apresenta uma maior quantidade de

resíduos coletados por habitante (1,80 kg/hab/dia) em comparação com Boa Vista (1,48 kg/hab/dia), um fato que pode ser atribuído ao crescimento urbano acelerado e ao turismo, fatores que geram uma maior produção de resíduos.

Em relação à coleta seletiva, Boa Vista não forneceu dados sobre a coleta porta-a-porta, enquanto Fortaleza disponibilizou informações limitadas, com uma cobertura média de apenas 6,17%, com dados disponíveis apenas até 2019.

Por fim, as taxas de reciclagem revelam um panorama preocupante: Fortaleza apresenta uma taxa média de recuperação de materiais recicláveis de apenas 0,33%, enquanto Boa Vista reporta uma média de 14,7%, embora este dado possa estar superestimado. A deficiência na coleta seletiva tem um impacto negativo direto nessas taxas.

Quanto à correlação entre os indicadores analisados, 12 dos 18 indicadores foram excluídos devido à falta ou anomalias nos dados. A escassez de informações no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) representa um obstáculo tanto para a realização desta pesquisa quanto para a gestão de resíduos sólidos urbanos, dificultando o monitoramento da qualidade dos serviços e a identificação das necessidades específicas, além de comprometer o planejamento estratégico a longo prazo. Embora tenha sido possível identificar algumas correlações, não foi possível extrair conclusões definitivas. Para superar essas limitações, é imperativo que haja um esforço coordenado para aprimorar a coleta, gestão e divulgação de dados, garantindo que o sistema de saneamento atenda de forma mais eficiente às necessidades da população.

A gestão eficaz de resíduos sólidos exige um planejamento adequado, infraestrutura apropriada, políticas públicas consistentes e a participação ativa da comunidade. Nesse contexto, é imprescindível que as cidades desenvolvam estratégias integradas para enfrentar o crescimento urbano e a gestão de MRSU de maneira sustentável e eficiente. Este estudo se concentra em aspectos específicos do MRSU em duas realidades delimitadas, o que limita a generalização dos resultados. Recomenda-se que futuras pesquisas aprofundem a análise sobre a coleta seletiva, a reciclagem, a eficiência na utilização de recursos federais e a inovação no manejo de resíduos, além de explorar outros fatores que não foram abordados neste estudo.

Em síntese, os resultados apresentados evidenciam falhas substanciais nas políticas públicas atualmente em vigor, ressaltando a urgência de reformas significativas para atingir as metas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares).

REFERÊNCIAS

- ABRALATAS. **2º Relatório Consolidado de Práticas ESG – Latas de Alumínio para Bebidas**. 2023. Disponível em: <https://www.abralatas.org.br/wp-content/uploads/2023/09/abralatas_rel_2023_v6_en_2.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. 2021. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2021>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ABREMA - Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2023**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <<https://www.abrema.org.br>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ALZAMORA, Bruno Ribas; BARROS, Raphael Tobias. Review of municipal waste management charging methods in different countries. **Waste Management**, vol. 115, p. 47–55, Set. 2020. DOI: 10.1016/j.wasman.2020.07.020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X2030386X>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Norma de Referência Nº 1/2021-ANA e Instrução Normativa Nº 1/2023 para seu atendimento**. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/normativos-publicados-pela-ana-para-o-saneamento-basico/itens-excluidos/resolucao-ana-no-79-2021-1>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BASTOS, Joao Victor Pereira; NASCIMENTO-E-SILVA, Daniel. Difficulties in performing selective waste collection in the city of Manaus, Brazil. **Research, Society and Development**, vol. 11, no. 16, 28 Nov. 2022. DOI 10.33448/rsd-v11i16.37808. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/37808>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BOA VISTA (Roraima). Prefeitura Municipal. **Lei Complementar nº 1.223, de 29 de dezembro de 2009**. 2009. Disponível em: <<https://sapl.boavista.rr.leg.br/norma/2566>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BOA VISTA (Roraima). Prefeitura Municipal. **Lei Complementar Nº 19, de 20 de dezembro de 2021**. 2021. Disponível em: <<https://boavista.rr.gov.br/canal-do-cidadao/descomplica/legislacao-descomplica>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 - Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978**. 2007. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 18 Jul. 2023.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Brasil, 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 18 Jul. 2023.
- BRASIL. **Lei nº 13.429, de 31 de março de 2017 - Altera dispositivos da Lei nº 6.019, de 3 de janeiro de 1974, que dispõe sobre o trabalho temporário nas empresas urbanas e dá outras providências**. 2017. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113429.htm>. Acesso em: 18

Jul. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020 - Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento.** 2020. Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm>. Acesso em: 18 Jul. 2023.

BRASIL. Ministério das Cidades lança nova plataforma do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico. 2024. **Ministério das Cidades**. Disponível em:

<<https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/noticias-1/ministerio-das-cidades-lanca-nova-plataforma-do-sistema-nacional-de-informacoes-em-saneamento-basico>>. Acesso em: 18 Jul. 2023.

BRASIL. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021**. Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional. 2021. Disponível em:

<<https://www.capacidades.gov.br/capaciteca/panorama-do-saneamento-basico-no-brasil-2021>>. Acesso em: 18 Jul. 2023.

BRUMATTI, Dayane Valentina; CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; SIMAN, Renato Ribeiro. Barreiras que afetam a sustentabilidade financeira de sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, vol. 16, 2024. DOI 10.1590/2175-3369.016.e20230020. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692024000100203&tlng=pt>. Acesso em: 13 dez. 2024.

CAVALCANTE, Francisco Leorne de Sousa; FROTA, Artemisa Fontinele; BEZERRA, Emanuel Araújo; STEFANUTTI, Ronaldo; PIANOWSKI, Sarah Maia. Logística reversa de embalagens no Brasil: produção científica versus realidade nacional. **Caderno Pedagógico**, vol. 21, no. 3, p. e2948, 1 Mar. 2024. DOI 10.54033/cadpedv21n3-015. Disponível em:

<<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/2948>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Taxas de reciclagem**. 2024.

Disponível em: <<https://cempre.org.br/taxas-de-reciclagem>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

CERQUETI, Roy; CINELLI, Matteo; MINERVINI, Leo Fulvio. Municipal waste management: A complex network approach with an application to Italy. **Waste Management**, vol. 126, p. 597–607, 2021. DOI 10.1016/j.wasman.2021.03.035. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.035>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

CETRULO, Tiago Balieiro et al. Effectiveness of solid waste policies in developing countries: A case study in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, vol. 205, p. 179–187, Dec. 2018. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.09.094. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618328142>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

CHIOATTO, Elisa; KHAN, Ashraf; SOSPIRO, Paolo. Sustainable solid waste management in the European Union: Four countries regional analysis. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, vol. 33, p. 101037, Jun. 2023. DOI 10.1016/j.scp.2023.101037. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352554123000712>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

COMANITA, Elena-Diana et al. Occurrence of Plastic Waste in the Environment: Ecological and health risks. **Environmental Engineering and Management Journal**, vol. 15, no. 3, p. 675–685, 2016. DOI 10.30638/eemj.2016.073. Disponível em:

<http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/pdfs/vol15/no3/21_196_Comanita_15.pdf>. Acesso em: 25

Jul. 2024.

CRUZ, Uilmer Rodrigues Xavier da; FERREIRA, Eduardo Rodrigues; GARCIA, Ricardo Alexandrino. Breve Panorama Socioeconômico da Reciclagem no Brasil atual (2024).

Revista de Estudos Interdisciplinares, vol. 6, no. 2, p. 01–14, 18 Jun. 2024. DOI 10.56579/rei.v6i2.1326. Disponível em:

<<https://revistas.ceeinter.com.br/revistadeestudosinterdisciplinar/article/view/1326>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

DIAS, Débora Ferreira Freire; CORIOLANO, Luzia Neide Menezes Teixeira. A metrópole Fortaleza-Ce turistificada. **Caderno de Geografia**, vol. 32, no. 69, p. 575, 23 Mar. 2022. DOI 10.5752/P.2318-2962.2022v32n69p575. Disponível em:

<<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/27475>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

DUTRA, Renato Meira de Sousa; SIMAN, Renato Ribeiro. Charges to Generators For Solid Waste Management Services: An Analysis of The Financial Sustainability of Brazilian Municipalities. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, vol. 18, no. 3, p. e5876, 5 Jul. 2024. DOI 10.24857/rgsa.v18n3-172. Disponível em:

<https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/5876>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FERREIRA, Ana Carla; BARROS, Raphael Tobias Vasconcelos. Panorama dos gastos públicos municipais com os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: uma análise da Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, vol. 26, no. 4, p. 659–668, Aug. 2021. DOI 10.1590/s1413-415220200022.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522021000400659&tlng=pt>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FERREIRA, Helder; CASSIOLATO, Martha; GONZALEZ, Roberto. Texto para discussão 1369: Uma experiência de desenvolvimento metodológico para avaliação de programas: o modelo lógico do programa segundo tempo. **IPEA**, 2009. Disponível em:

<https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1369.pdf>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FORTALEZA. Prefeitura Municipal. **Lei Ordinária nº 11.323, de 21 de dezembro de 2022**. 2022a. Disponível em: <<https://sapl.fortaleza.ce.leg.br/ta/4162/text?>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FORTALEZA. Prefeitura Municipal. **Prefeitura amplia para mais de 100 o número de Ecopontos instalados em Fortaleza**. 2024a. 2024. Disponível em:

<https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/prefeitura-amplia-para-mais-de-100-o-numero-de-ecopontos-instalados-em-fortaleza>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FORTALEZA, Prefeitura Municipal. **TMRSU - Taxa de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. Perguntas e Respostas para o exercício de 2024**. 2024b. Disponível em:

<<https://www.sefin.fortaleza.ce.gov.br/canal/16/generico/2514/ler>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FRANÇA, Samara Avelino de Souza; BARROS, Raphael Tobias De Vasconcelos. Coleta seletiva em alguns municípios do estado do Pará, Brasil. **Novos Cadernos NAEA**, vol. 27, no. 1, 23 Apr. 2024. DOI 10.18542/ncn.v27i1.15675. Disponível em:

<https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/15675>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FUNDAÇÃO DEMÓCRITO ROCHA. Anuário do Ceará 2021-2022. *In*: Anuário do Ceará 2021-2022. 2021. 680p. Disponível em: <https://www.anuariodoceara.com.br/wp-content/themes/anuario_2021/assets/anuario-21-22.pdf>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

- G1. Advocacia-Geral da União diz que taxa do lixo em Fortaleza é constitucional; parecer não afeta suspensão.** 2023. Globo. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2023/05/26/advocacia-geral-da-uniao-diz-que-taxa-do-lixo-em-fortaleza-e-constitucional-parecer-nao-afeta-suspensao.ghtml>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- GU, Binxian et al. Promoting Chinese urban residents' participation in source separation and recycling. **Waste Management**, vol. 139, p. 290–299, Feb. 2022. DOI 10.1016/j.wasman.2021.12.032. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X21006760>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- GUABIROBA, Ricardo César da Silva et al. Sustainability indicators applied to a local strategy context: Proposals to improve selective waste collection systems involving waste picker organizations. **Cleaner Waste Systems**, vol. 5, p. 100102, Aug. 2023. DOI 10.1016/j.clwas.2023.100102. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2772912523000283>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- HINKLE, Dennis; WIERSMA, William; JURIS, Stephen. Applied statistics for the behavioral sciences. **Houghton Mifflin**, 2003. Disponível em: <https://archive.org/details/appliedstatistic0000hink_o7h5/page/n5/mode/2up>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- JAMES, Noella. Urbanization and Its Impact on Environmental Sustainability. **Journal of Applied Geographical Studies**, vol. 3, no. 1, p. 54–66, 15 Jan. 2024. DOI 10.47941/jags.1624. Disponível em: <<https://carijournals.org/journals/index.php/JAGS/article/view/1624>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- JUCÁ, José Fernando; BARBOSA, Karen Ruth Michio; SOBRAL, Maria Carolina. Sustainability indicators for municipal solid waste management: A case study of the Recife Metropolitan Region, Brazil. **Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy**, vol. 38, no. 12, p. 1450–1454, 20 Dec. 2020. DOI 10.1177/0734242X20941088. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X20941088>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- KAZA, Silpa et al. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Washington, DC: World Bank, 2018. DOI 10.1596/978-1-4648-1329-0. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10986/30317>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- KIAN, Tatiana. Terceirização na administração pública. **Revista do Direito Público**, vol. 1, no. 2, p. 227, 15 Dec. 2006. DOI 10.5433/1980-511X.2006v1n2p227. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/direitopub/article/view/11577>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- KREIN, José Davi. **As formas de contratação flexível no Brasil. Tendências recentes nas relações de emprego no Brasil**. 2007. 2007.
- LENZI, Andréa Ryba; MASSI, Edson Henrique Gaspar; SANTANA, Raniel Marcelo de. Avaliação da efetividade das políticas públicas que abordam a gestão de resíduos sólidos: um panorama brasileiro. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, vol. 16, no. 3, p. e3557, 20 Mar. 2024. DOI 10.55905/cuadv16n3-090. Disponível em: <<https://ojs.europublications.com/ojs/index.php/ced/article/view/3557>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- LINO, Fátima Aparecida Morais.; ISMAIL, Kamal Abdel Radi; CASTAÑEDA-AYARZA,

- Juan Arturo. Municipal solid waste treatment in Brazil: A comprehensive review. **Energy Nexus**, vol. 11, p. 100232, Sep. 2023. DOI 10.1016/j.nexus.2023.100232. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2772427123000621>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- MARTINS, António Miguel; CRÓ, Susana. The Impact of Tourism on Solid Waste Generation and Management Cost in Madeira Island for the Period 1996–2018. **Sustainability**, vol. 13, no. 9, p. 5238, 7 May 2021. DOI 10.3390/su13095238. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/9/5238>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- MATHESON, Thornton. Disposal is not free: fiscal instruments to internalize the environmental costs of solid waste. **International Tax and Public Finance**, vol. 29, no. 4, p. 1047–1073, 17 Aug. 2022. DOI 10.1007/s10797-022-09741-1. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s10797-022-09741-1>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- MATTOS, Leonardo Feijó Silvestre et al. Análise estatística da evolução do serviço de coleta seletiva em municípios brasileiros: uma década após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010-2020). **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, vol. 17, no. 1, p. 1513–1526, 8 Jan. 2024. DOI 10.55905/revconv.17n.1-085. Disponível em: <<https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/3502>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- MEDEIROS, Ravena Valcácer de; MORAIS, Ione Rodrigues Diniz. As decisões, ações e políticas escamoteadas pelos Índices do Saneamento Básico no Seridó Potiguar em 2021. **Geotemas**, vol. 14, 2024. Disponível em: <<https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/5462/4222>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. **Oficina de Texto**, 2007. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/9983/pdf_24>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- MIFTAHADI, Machmuddin Fitra; RACHMAN, Indriyani; MATSUMOTO, Toru. Optimizing Indonesian municipal solid waste collection scenarios: integration of multi-objective search simulation and social cost–benefit analysis. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, vol. 26, no. 3, p. 1569–1587, 20 Maio 2024. DOI 10.1007/s10163-024-01910-0. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s10163-024-01910-0>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares**. Brasil: 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- MPC - Ministério Público de Contas. MPC representa contra prefeitura municipal de Boa Vista. 2020. **Ministério Público de Contas de Roraima**. Disponível em: <<https://www.mpc.rr.gov.br/noticia.php?Id=515>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- NOBRE, Révinna. Prefeitura de Fortaleza vai encerrar contrato com empresa que não pagar terceirizado. 2024. **Jornal O povo**. Disponível em: <<https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2024/01/10/prefeitura-de-fortaleza-vai-encerrar-contrato-com-empresa-que-nao-pagar-terceirizado.html>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.
- NORALES, Bruna. Prefeitura inaugura segundo Ecoponto de Boa Vista no bairro Cidade Satélite. 2024. **Roraima em Foco**. Disponível em: <<https://roraimaemfoco.com/prefeitura-inaugura-segundo-ecoponto-de-boa-vista-no-bairro-cidade-satelite>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

OCDE, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Rumo a um Desenvolvimento Sustentável**. OCDE, 2002. DOI 10.1787/9789264066076-pt. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/environment/rumo-a-um-desenvolvimento-sustentavel_9789264066076-pt>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

OLIVEIRA, Mariana Moreira de; ATHAYDE JÚNIOR, Gilson Barbosa; MORAIS JÚNIOR, Joácio de Araújo. Panorama dos Principais Materiais Reciclados no Brasil. 29 Ago 2022. **Anais do II Congresso Nacional On-line de Conservação e Educação Ambiental**: Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente, 29 Ago 2022. DOI 10.51189/ii-coneamb/9174. Disponível em: <<https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/issue/view/55>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

PAES, Michel Xocaira et al. Waste management intervention to boost circular economy and mitigate climate change in cities of developing countries: The case of Brazil. **Habitat International**, vol. 143, p. 102990, Jan. 2024. DOI 10.1016/j.habitatint.2023.102990. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0197397523002503>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

PRAGMA, Instituto. **Anuário da Reciclagem 2023**. 80p., 2023. Disponível em: <<https://anuariodareciclagem.eco.br>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

RAHMANDOUST, Afrouz et al. Government intervention in municipal waste collection with a sustainable approach: a robust bi-level problem. **Environment, Development and Sustainability**, vol. 25, no. 4, p. 3323–3351, 23 Abr. 2023. DOI 10.1007/s10668-022-02181-1. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s10668-022-02181-1>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

REBEHY, Perla Calil Pongeluppe Wadhy et al. Municipal solid waste management (MSWM) in Brazil: Drivers and best practices towards to circular economy based on European Union and BSI. **Journal of Cleaner Production**, vol. 401, p. 136591, Mai 2023. DOI 10.1016/j.jclepro.2023.136591. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652623007497>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

RORAIMA EM TEMPO. Servidores terceirizados do Governo estão há dois meses sem receber salários. **Roraima em Tempo**, 2023. Disponível em: <<https://roraimaemtempo.com.br/educacao/servidores-terceirizados-do-governo-estao-ha-dois-meses-sem-receber-salarios>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SANTOS, Eduardo et al. Sustainability Indicators Model Applied to Waste Management in Brazil Using the DPSIR Framework. **Sustainability**, vol. 16, no. 5, p. 2192, 6 Mar. 2024. DOI 10.3390/su16052192. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/16/5/2192>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SANTOS, Lucimar Rizzo Lopes. **Contratação de serviços terceirizados, com mão de obra exclusiva, pelo critério do menor preço – dumping social**. 2024. 105 f. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10438/35291>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SEFIN, Secretaria Municipal das Finanças de Fortaleza. **Lei nº 11.337, de 10 de fevereiro de 2023**. Disponível em: <<https://www.sefin.fortaleza.ce.gov.br/anexoCT/26/fddyo1dl4.11q721/pdf/LEI N° 11>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SILVA, Christian Luiz da; FUGII, Gabriel Massao; SANTOYO, Alain Hernández. 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. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, vol. 9, no. 2, p. 276–292, 23 Mar. 2017. DOI

10.1590/2175-3369.009.002.ao09. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692017000200276&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SILVA, Michele Barros de Deus Chuquel da; MARTINS, Bianca Rocha; SIMIONI, Flávio José. Economic-Financial Analysis of Municipal Solid Waste Recycling In Brazil: a Case Study of a Recycling Cooperative. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, vol. 12, no. 2, p. 23–37, 10 Aug. 2023. DOI 10.21664/2238-8869.2023v12i2.p23-37. Disponível em:

<<http://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/6455>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SILVA, Gustavo Oliveira. Terceirização e suas implicações na administração pública.

Revista Processus Multidisciplinar, vol. Ano 5, Vol, 2024. Disponível em:

<<https://periodicos.processus.com.br/index.php/multi/article/view/1192/1169>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SILVA, Victor; CONTRERAS, Francisco; BORTOLETO, Ana Paula. Life-cycle assessment of municipal solid waste management options: A case study of refuse derived fuel production in the city of Brasilia, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, vol. 279, p. 123696, Jan. 2021. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.123696. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620337410>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SINGULANO, Yara Lopes; CASTELARI, Michelle Cristina Ferreira; EMMENDOERFER, Magnus Luiz. Terceirização de Serviços Públicos: Reflexões de um Metaestudo. **Revista Direito e Práxis**, vol. 13, no. 2, p. 1041–1073, Jun. 2022. DOI 10.1590/2179-8966/2020/54155. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-89662022000201041&tlng=pt>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Ministério das Cidades**, 2024. Disponível em:

<<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

TAGHIPOUR, Hassan et al. Characterizing and quantifying solid waste of rural communities. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, vol. 18, no. 4, p. 790–797, 11 Set. 2016. DOI 10.1007/s10163-015-0365-z. Disponível em:

<<http://link.springer.com/10.1007/s10163-015-0365-z>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

TSAI, Feng Ming et al. Sustainable solid-waste management in coastal and marine tourism cities in Vietnam: A hierarchical-level approach. **Resources, Conservation and Recycling**, vol. 168, p. 105266, Mai 2021. DOI 10.1016/j.resconrec.2020.105266. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344920305814>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

VIEGAS, Clezio Junior Teixeira et al. Variação geoespacial de indicadores de saneamento básico e de saúde dos ex-territórios federais na Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 17, no. 2, p. 1038–1059, 14 Mar. 2024. DOI 10.26848/rbgf.v17.2.p1038-1059. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/258647>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

VOUKKALI, Irene et al. Urbanization and solid waste production: prospects and challenges. **Environmental Science and Pollution Research**, vol. 31, no. 12, p. 17678–17689, 4 Jun. 2023. DOI 10.1007/s11356-023-27670-2. Disponível em:

<<https://link.springer.com/10.1007/s11356-023-27670-2>>.

WANG, Ling-en; FILIMONAU, Viachaslau; LI, Yunyun. Exploring the patterns of food

waste generation by tourists in a popular destination. **Journal of Cleaner Production**, vol. 279, p. 123890, Jan. 2021. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.123890. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620339354>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

WRIGHT, Christopher; HALSTEAD, John; HUANG, Ju-Chin. Estimating Treatment Effects of Unit-Based Pricing of Household Solid Waste Disposal. **Agricultural and Resource Economics Review**, vol. 48, no. 1, p. 21–43, 8 Abr. 2019. DOI 10.1017/age.2018.2.

Disponível em:

<https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1068280518000023/type/journal_article>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

XU, Anxin et al. Tourism circular economy: Identification and measurement of tourism industry ecologization. **Ecological Indicators**, vol. 144, p. 109476, Nov. 2022. DOI 10.1016/j.ecolind.2022.109476. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X22009499>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

5 CONCLUSÃO

Este estudo analisou o Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos em Boa Vista e Fortaleza, destacando desde o planejamento até a implementação de medidas socioambientais nos últimos 15 anos, com vistas ao aprimoramento das práticas de sustentabilidade e à implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Para tanto, realizou-se um estudo com base teórica no método comparativo, associado a uma combinação integrada de métodos analíticos que, ao serem aplicados de maneira complementar, proporcionaram uma visão abrangente e aprofundada da temática. Os três métodos principais utilizados foram a análise documental, observação participante por meio de visitas *in loco* e coleta de dados em sistemas de informações.

A partir da coleta dos dados, o segundo capítulo teve como objetivo realizar uma análise documental comparativa dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (PMGIRS) nos municípios de Boa Vista e Fortaleza, além de outros documentos de interesse do estudo, visando compreender os mecanismos gerenciais estabelecidos nas duas realidades.

Em meio ao consumismo desenfreado e à sombra de desafios climáticos, as ferramentas de gestão de resíduos são primordiais para a construção de um futuro sustentável. Porém, no que diz respeito às políticas de não-geração e redução da quantidade de resíduos, não foi possível identificar medidas concretas em nenhuma das duas realidades – Boa Vista e Fortaleza. Sem diretrizes claras que incentivem a minimização de resíduos na fonte, há uma tendência à adoção de práticas insustentáveis, o que resulta em uma quantidade excessiva de materiais descartados, situação que sobrecarrega os sistemas de coleta e disposição, além de perpetuar um ciclo vicioso que dificulta a implementação de soluções eficazes para o manejo adequado dos resíduos sólidos urbanos.

No tocante à coleta urbana dos resíduos, os resultados são satisfatórios nas duas capitais, cujos percentuais se aproximam dos 100%, acompanhando o cenário nacional que já atinge altos níveis de coleta de resíduos, ainda que, nas regiões em que se localizam as cidades aqui estudadas, norte e nordeste, os níveis de coleta tendem a ser mais baixos, se comparadas às outras regiões do Brasil.

Em Fortaleza, observou-se a existência de políticas e programas voltados para a coleta, coleta seletiva, transporte, tratamento e disposição final adequada dos resíduos sólidos. Sob a égide das políticas de preservação ambiental e sustentabilidade, a cidade tem adotado estratégias organizadas para a separação e destinação adequada de materiais recicláveis,

contribuindo significativamente para a redução do impacto ambiental e para a conservação dos recursos naturais.

O município de Boa Vista, por sua vez, embora seja o único no estado de Roraima com um PMGIRS em funcionamento, ainda enfrenta uma série de desafios na sua completa efetivação, o que o torna ainda distante dos padrões de cidades brasileiras, notadamente no que diz respeito à coleta seletiva e tratamento dos RSU em aterro sanitário, que atualmente não atende aos padrões vigentes na legislação brasileira. Por ser uma capital em crescimento, a gestão de resíduos precisa ser eficiente para lidar com o aumento da população e do desenvolvimento urbano.

O sucesso das medidas de manejo de resíduos sólidos depende de articulação e responsabilidade compartilhada, que se efetiva na colaboração entre o governo, a população e o setor privado para garantir um ambiente mais limpo e saudável para todos, considerando o ciclo de vida, desde a matéria-prima até o descarte dos produtos.

O terceiro capítulo realizou uma análise comparativa especificamente entre os aterros sanitários, locais de destinação final de resíduos sólidos das duas cidades aqui envolvidas, com enfoque na averiguação do atendimento às normas técnicas e recomendações legais vigentes. A análise revelou que, apesar dos avanços em ambas as instalações, existem diferenças significativas em termos de gestão e tecnologias empregadas, refletindo na eficiência das práticas adotadas.

O ASMOC demonstra um modelo avançado de gestão de resíduos, com foco na sustentabilidade e inovação. A instalação é um exemplo de como tecnologias modernas podem ser aplicadas para otimizar o tratamento e reaproveitamento de resíduos. O uso de sistemas de monitoramento, compostagem eficiente e recuperação de gases, além do reaproveitamento da água tratada, sublinha um compromisso com a minimização dos impactos ambientais e a maximização dos benefícios dos resíduos sólidos. A usina GNR–Fortaleza do ASMOC, em particular, destaca-se por converter gás de aterro em energia renovável, alinhando-se com as metas da Política Nacional dos Resíduos Sólidos e servindo como um modelo para a geração sustentável de energia.

Em contraste, o Aterro de Boa Vista atualmente se configura como Aterro Controlado e enfrenta desafios significativos que limitam a eficácia de sua gestão de resíduos. As práticas atuais, baseadas principalmente na utilização de lagoas de estabilização para tratamento de chorume e a falta de aproveitamento de gases, revelam a necessidade urgente de atualização tecnológica e de investimentos em infraestrutura. A ausência de iniciativas estruturadas de reaproveitamento e reciclagem também evidenciam lacunas importantes. Esses desafios são

reflexos de problemas mais amplos enfrentados por muitas regiões do Brasil, em que limitações financeiras e estruturais comprometem a eficácia das práticas de gestão de resíduos.

Os dados obtidos sugerem que a superação das limitações financeiras e estruturais exige investimentos em tecnologias avançadas, melhorias na infraestrutura de gestão de resíduos e educação da comunidade sobre práticas sustentáveis. O desenvolvimento de políticas públicas que incentivem a inovação, a reciclagem e o reaproveitamento de resíduos é fundamental para a promoção de um sistema de gestão de resíduos mais eficaz e sustentável.

Além disso, a análise destaca a importância de um monitoramento ambiental rigoroso e contínuo para garantir que as práticas de gestão de resíduos não apenas cumpram as regulamentações, mas também protejam efetivamente o meio ambiente e a saúde pública. Deve-se estabelecer sistemas de monitoramento contínuos e abrangentes para a qualidade do solo, da água e do ar, garantindo diminuição de riscos e uma detecção mais eficaz de contaminantes e impactos ambientais. A transparência nos relatórios de monitoramento pode promover uma maior responsabilidade e engajamento da comunidade.

Portanto, a presente pesquisa evidenciou a compreensão das melhores práticas na gestão de aterros sanitários e oferece diretrizes para a implementação de estratégias mais eficazes e sustentáveis. As lições aprendidas com o ASMOC e os desafios identificados no Aterro de Boa Vista podem servir como base para a formulação de políticas e práticas que promovam uma gestão de resíduos mais eficiente em todo o Brasil e em outros contextos semelhantes.

Um modelo de gestão eficaz para aterros sanitários, fundamentado nas NBR 8419/92 e NBR 13896/97, deve integrar práticas que assegurem a operação ambientalmente responsável e a conformidade com as normas técnicas, que contemplam a definição dos critérios para o projeto, implantação e operação de aterros sanitários, como escolha do local, impermeabilização do solo, controle da lixiviação, controle e gestão dos gases gerados nos aterros, monitoramento da qualidade do ar e da água e adoção de tecnologias de segurança.

A efetiva execução dessas medidas contribuirá para que o Aterro de Boa Vista seja implantado de forma a causar os menores impactos ambientais possíveis. As medidas mitigadoras são necessárias para minimizar as consequências negativas do empreendimento e aumentar os seus benefícios para que sejam observados todos os requisitos técnicos constantes normas atuais sobre aterros sanitários.

Já no quarto capítulo realizou-se uma análise comparativa da série histórica de indicadores, entre os anos de 2010 e 2022, sobre o MRSU de Boa Vista e Fortaleza. A análise

dos dados permitiu observar aspectos relacionados à sustentabilidade financeira, trabalho formal, coleta domiciliar, coleta seletiva e reciclagem de resíduos nas duas realidades.

A análise da autossuficiência financeira e dos gastos municipais revelou que Boa Vista apresenta uma maior proporção de despesas com MRSU em relação a Fortaleza. Boa Vista apresenta uma arrecadação crescente que tem reflexos diretos na autossuficiência financeira, tendo atingido 50% em 2022. Em Fortaleza, os dados de arrecadação de taxas são nulos no período desse estudo, visto que a capital iniciou a cobrança pelos serviços de MRSU apenas em 2023, ainda que venha apresentando progressivamente iniciativas inovadoras na gestão de resíduos.

No âmbito nacional, apenas 8% das cidades brasileiras apresentam suficiência financeira, o que reflete a dificuldade dos municípios brasileiros para alcançar a Meta 1 estabelecida pelo Planares, que aponta que, até 2024, 100% dos municípios terão alguma forma de cobrança pela prestação dos serviços de manejo de resíduos, e que a estabilidade financeira atingirá 68% dos municípios até 2040. Apesar de um estudo de Dutra e Siman (2024) mostrar que a maioria dos municípios brasileiros não é autossuficiente financeiramente, a cobrança de taxas para MRSU é considerada fundamental para a sustentabilidade financeira e a eficiência na gestão de resíduos. A falta de uniformidade na aplicação e cálculo das taxas, bem como a necessidade de legislação e transparência, são questões que influenciam a eficácia dos sistemas de cobrança e gestão de resíduos no Brasil.

No tocante aos trabalhadores formais, Boa Vista possui maior taxa de empregados por mil habitantes em comparação a Fortaleza, refletindo sua menor densidade populacional e menor grau de conurbação. No entanto, ambos os municípios mostram uma forte dependência da terceirização nos serviços de MRSU, com Boa Vista terceirizando 100% dos serviços e Fortaleza cerca de 77,4% dos funcionários terceirizados. A terceirização, que busca reduzir custos e melhorar a eficiência, pode também resultar em precarização das condições laborais e desafios de gestão, como atrasos salariais e questões trabalhistas, evidenciados por recentes denúncias em ambos os municípios. A gestão eficaz desses contratos é essencial para garantir a qualidade dos serviços e o cumprimento das normas.

Sobre a coleta domiciliar, Boa Vista apresenta uma taxa de coleta domiciliar de resíduos sólidos urbanos de 100%, superior à taxa média de 97,9% de Fortaleza. Enquanto Boa Vista mantém uma cobertura completa, Fortaleza coleta uma quantidade maior de resíduos por habitante (1,80 kg/hab/dia) em comparação a Boa Vista (1,48 kg/hab/dia), possivelmente devido à urbanização acelerada e ao turismo, que contribuem para uma maior geração de resíduos. As capitais dos estados, com infraestrutura e investimento mais desenvolvidos,

tendem a ter melhores índices de cobertura e eficiência na coleta de resíduos do que cidades menores e áreas rurais.

Já sobre a coleta seletiva, Boa Vista não forneceu dados sobre a coleta seletiva porta-a-porta, enquanto Fortaleza apresentou informações esparsas, com uma cobertura média de apenas 6,17% e dados disponíveis apenas até 2019. A coleta seletiva no Brasil enfrenta desafios como a falta de conhecimento da população e a informalidade dos catadores, o que limita sua eficácia. Embora Fortaleza utilize ecopontos para coleta seletiva, a taxa de material recolhido e a massa per capita de recicláveis ainda são baixas. A ausência de dados sobre os indicadores de coleta seletiva em Boa Vista reflete a carência de informações estruturadas a nível municipal. Com poucos ecopontos recém-inaugurados, Boa Vista necessita avançar na melhoria da coleta seletiva e integração com o sistema de reciclagem.

Como consequência, os dados de reciclagem mostram que Fortaleza apresentou uma taxa média de recuperação de materiais recicláveis de apenas 0,33%, enquanto Boa Vista reportou uma média de 14,7%, possivelmente superestimada. As dificuldades na coleta seletiva impactam negativamente essas taxas, que estão bem abaixo do ideal. No Brasil, a reciclagem é insuficiente, com uma média nacional de recuperação de 7,72% e desafios significativos devido à falta de infraestrutura e à informalidade dos catadores. Apesar dos avanços, a reciclagem de materiais como papel, plástico e vidro ainda enfrenta barreiras significativas, e a discrepância nos dados entre os municípios e a média nacional evidencia a necessidade de melhorias na qualidade da informação e em aspectos práticos da coleta seletiva e da inclusão social dos catadores.

Percebe-se uma quase universalização dos serviços de coleta domiciliar e disposição final, ainda que inadequada, porém as cidades aqui analisadas enfrentam desafios significativos quanto à reutilização e reaproveitamento dos resíduos, sendo que nos últimos anos Fortaleza tem avançado muito em iniciativas de coleta seletiva.

Em síntese, os resultados deste estudo evidenciam desafios significativos nas políticas atuais, reflexo de problemas gerais na gestão de resíduos no Brasil, o que ressalta a urgência de reformas substanciais para alcançar as metas da PNRS e do Planares. Os órgãos ambientais, por sua vez, enfrentam dificuldades operacionais, como falta de pessoal capacitado, recursos financeiros limitados e problemas logísticos.

Compreendeu-se que restrições orçamentárias podem dificultar a implementação de melhorias tecnológicas e a realização de programas de capacitação. A infraestrutura deficiente e a logística complexa em algumas cidades, a semelhança de Boa Vista, podem comprometer a

eficácia das práticas de gestão de resíduos. A falta de mão de obra qualificada é outro aspecto que pode limitar a operação e a manutenção de sistemas avançados.

Não é demais lembrar que os esforços aqui mencionados nas cidades aqui analisadas representam uma parcela tímida de entes municipais que investem em tecnologias de destinação adequada de RSU. Essas informações revelam os desafios inerentes à gestão dos RSU na maioria das cidades brasileiras, visto que os estudos apontam que o Brasil continua a destinar uma parcela significativa de seus resíduos a locais inadequados, acarretando sérios problemas de saúde para a população e ao meio ambiente.

Assim, há limitações a considerar, visto que este estudo se concentra em aspectos específicos do MRSU em duas realidades delimitadas, o que limita a generalização dos resultados. As limitações também estão relacionadas à indisponibilidade e confiabilidade dos dados, principalmente em relação à coleta seletiva e reciclagem, que variam significativamente entre os municípios e não estão sempre alinhados com as médias nacionais.

Recomenda-se que futuras pesquisas explorem temas como economia circular, minimização de resíduos, novas tecnologias para triagem e coleta seletiva, análise econômica e inovação em tecnologias de tratamento, considerando as particularidades de cada local. Também é fundamental investigar a eficácia dos programas de incentivo e apoio às cooperativas de catadores que, por sua complexidade, não foi possível analisar neste trabalho.

Para os gestores públicos de Boa Vista e Fortaleza, recomenda-se a adoção de políticas públicas voltadas para a redução e não-geração de resíduos, a implementação de campanhas educativas e o incentivo ao consumo responsável são fundamentais para diminuir o desperdício na origem e evitar a sobrecarga dos sistemas de coleta e tratamento.

Além disso, a gestão da coleta seletiva precisa ser fortalecida. Boa Vista deve avançar na implementação de coleta seletiva porta-a-porta e melhorar a infraestrutura de ecopontos. Fortaleza, por sua vez, necessita expandir a cobertura e a eficiência desta modalidade de coleta, além de fortalecer a formalização e capacitação das cooperativas de catadores.

No aspecto financeiro, os gestores de ambos os municípios precisam perseguir a meta de garantir a sustentabilidade financeira do sistema. Também é essencial melhorar as condições de trabalho dos funcionários terceirizados, garantindo a capacitação contínua e a formalização dos contratos para evitar precarização laboral.

Considera-se que a educação e a conscientização da população são fundamentais. As campanhas de conscientização devem ser ampliadas, especialmente nas escolas e comunidades, para estimular a separação correta dos resíduos e o consumo sustentável. No tocante aos aterros, especialmente o Aterro de Boa Vista, recomenda-se que adotem tecnologias mais avançadas

para o tratamento de chorume e recuperação de gases. A implementação de sistemas modernos de recuperação de biogás e tratamento de líquidos lixiviados pode melhorar significativamente a eficiência e reduzir o impacto ambiental dos aterros.

Por fim, como oportunidade, considera-se que a adequada gestão dos resíduos, com separação dos materiais recicláveis, é potencialmente produtora de geração de empregos, conservação dos recursos naturais e mitigação das mudanças climáticas, que resultam em desenvolvimento sustentável e na melhoria da qualidade de vida das pessoas.

REFERÊNCIAS

- ACFOR - Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza (PMGIRS)**. 2012. Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/plano_municipal_de_gesto_integrada_de_residuos_solidos_de_fortaleza.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- AGUIAR, Enilde Santos; RIBEIRO, Mônica Moraes; VIANA, Jéssica Herzog; PONTES, Altem Nascimento. Panorama da disposição de resíduos sólidos urbanos e sua relação com os impactos socioambientais em estados da Amazônia brasileira. **Urbe**, vol. 13, p. 1–12, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.E20190263>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ALEXANDRE, Adriano Ricardo Almeida. **Análise da eficiência operacional e definição das áreas de influências locais dos Ecopontos de Fortaleza no Estado do Ceará**. 2021. 173 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Fortaleza, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/61023>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ARAÚJO JÚNIOR, Antônio Carlos Ribeiro; TAVARES JÚNIOR, Stélio Soares. Expansão Urbana e Fatores de Risco à Inundação em Boa Vista. **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, vol. 39, p. 139–153, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.5380/raega>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- ARAÚJO JÚNIOR, Antônio Carlos Ribeiro; TAVARES JÚNIOR, Stélio Soares. Uso e cobertura do solo para o planejamento urbano, Boa Vista, Roraima, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, vol. 37, no. 1, p. 36, 5 Apr. 2017. DOI 10.5216/bgg.v37i1.46242. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/46242>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BOA VISTA (Roraima). Prefeitura Municipal. **Lei Complementar nº 1.223, de 29 de dezembro de 2009**. 2009. Disponível em: <<https://sapl.boavista.rr.leg.br/norma/2566>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BOA VISTA (Roraima). Prefeitura Municipal. **Gestão de Resíduos**. 2022. Prefeitura Municipal de Boa Vista. Disponível em: <<https://boavista.rr.gov.br/canal-do-cidadao/gestao-de-residuos>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BOA VISTA (Roraima). Prefeitura Municipal. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos de Boa Vista**. 2017. Disponível em: <<https://boavista.rr.gov.br/storage/paginas/canal-do-cidadao/gestao-de-residuos/produto-06-pmgirs.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2024.
- BOA VISTA (Roraima). Prefeitura Municipal. Informações Básicas do Município e Síntese da Situação Socioeconômica. **Diário Oficial de Boa Vista nº 3724**, de 23 de julho de 2014. 2014.
- BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 - Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978**. 2007. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 18 Jul. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.**

Brasil, 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 18 Jul. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020 - Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento.** 2020. Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm>. Acesso em: 18 Jul. 2023.

CERQUETI, Roy; CINELLI, Matteo; MINERVINI, Leo Fulvio. Municipal waste management: A complex network approach with an application to Italy. **Waste Management**, vol. 126, p. 597–607, 2021. DOI 10.1016/j.wasman.2021.03.035. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.035>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

CETRULO, Tiago Balieiro et al. Effectiveness of solid waste policies in developing countries: A case study in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, vol. 205, p. 179–187, Dec. 2018. DOI 10.1016/j.jclepro.2018.09.094. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618328142>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

DUTRA, Renato Meira de Sousa; SIMAN, Renato Ribeiro. Charges to Generators For Solid Waste Management Services: An Analysis of The Financial Sustainability of Brazilian Municipalities. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, vol. 18, no. 3, p. e5876, 5 Jul. 2024. DOI 10.24857/rgsa.v18n3-172. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/5876>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FARIAS, Daniella Carvalho. **Análise Situacional do Aterro Sanitário de Boa Vista, Roraima quanto ao atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos.** 2019.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde - PROCISA) - Universidade Federal de Roraima - UFRR. 2019. Disponível em: <<https://antigo.ufrr.br/procisa/banco-de-dissertacoes/category/90-dissertacoes-turma-2017?download=1188:analise-situacional-do-aterro-sanitario-de-boja-vista-roraima-quanto-ao-atendimento-a-politica-nacional-de-residuos-solidos-daniella-carvalho-farias>>. Acesso em: 15 Nov. 2024.

FERNANDES, Juana Angélica Felipe et al. A logística reversa de resíduos de medicamentos domiciliares no comércio farmacêutico do bairro Centro, Fortaleza, Ceará. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, vol. 15, p. 021028, 3 Sep. 2021. DOI 10.21439/conexoes.v15i0.1976. Disponível em: <http://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/1976>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FORTALEZA. Prefeitura Municipal. IPLANFOR - Instituto de Planejamento de Fortaleza. **Fortaleza 2040 - Síntese das proposições estratégicas.** 2016. Disponível em: <https://fortaleza2040.fortaleza.ce.gov.br/site/assets/files/publications/fortaleza2040_revista-sintese-das-propagacoes-estrategicas_23-05-2016.pdf>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

FUNDAÇÃO DEMÓCRITO ROCHA. Anuário do Ceará 2021-2022. *In: Anuário do Ceará 2021-2022.* 2021. 680p. Disponível em: <https://www.anuariodoceara.com.br/wp-content/themes/anuario_2021/assets/anuario-21-22.pdf>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

GOMES, Marcos de Lima; FARIZEL, Silvia Ribeiro Silva; ARAÚJO JÚNIOR, Antonio Carlos Ribeiro. Coleta seletiva: realidade e utopia na cidade de Boa Vista-RR. **Revista Geografia, Ensino & Pesquisa**, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236499424491>.

Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/24491>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

GUARDIOLA, Marden Daniel Espinoza et al. Chemical and physical fractions of soil organic matter under various management regimes in Roraima, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, vol. 38, no. 4Supl1, p. 2419, 25 Aug. 2017. DOI 10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2419. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/27560>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

IBGE. **Informações sobre cidades e estados**. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

LIJPHART, Arend. Comparative Politics and the Comparative Method. **American Political Science Review**, vol. 65, no. 3, p. 682–693, 1 Sep. 1971. DOI 10.2307/1955513. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S000305540013641X/type/journal_article>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. **Oficina de Texto**, 2007. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/9983/pdf_24>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

MILL, John Stuart. **A System of Logic, Ratiocinative and Inductive: Volume 1: Being a Connected View of the Principles of Evidence, and the Methods of Scientific Investigation**. Londres: Cambridge University Press, 1865. Disponível em: <<https://philpapers.org/rec/MILASO-7>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares**. Brasil: 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

OLIVEIRA, Janaine Voltolini de; COSTA, Maria Clélia Lustosa. Expansão urbana de boa vista (RR) e os reflexos sobre a desigualdade socioespacial. **Geosaberes**, vol. 9, no. 18, p. 1, 24 Abril 2018. DOI 10.26895/geosaberes.v9i18.637. Disponível em: <<http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/637>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

PERISSINOTTO, Renato. Comparação, história e interpretação: por uma ciência política histórico-interpretativa. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, vol. 28, no. 83, p. 151–165, Out. 2013. DOI 10.1590/S0102-69092013000300010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-69092013000300010&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

PNUMA, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an age of waste – Turning rubbish into a resource**. Nairobi. Quênia: 2024. Disponível em: <<https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SEPLAN, Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento. **Produto Interno Bruto Estadual e Municipal Nova Base 2010 a 2013**. 2016. Elaboração: DIEP. Boa Vista – RR, 2016. Disponível em: <<http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/637/666>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

STAEVIE, P. M. Expansão urbana e exclusão social em Boa Vista – Roraima. **Oculum Ensaios**, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/https://doi.org/10.24220/2318->

0919v0n13a142>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

SWANSON, Guy E. Frameworks for Comparative Research: Structural Anthropology and the Theory of Action. **Comparative Methods in Sociology**. University of California Press, 1971. p. 141–202. DOI 10.1525/9780520311480-007. Disponível em: <<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1525/9780520311480-007/html>>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

VERAS, Antonio Tolrino de Rezende. **A produção do espaço urbano de Boa Vista-Roraima**. 2009. Tese de Doutorado. DOI <https://doi.org/10.11606/T.8.2009.tde-19022010-163714>. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-19022010-163714/pt-br.php>. Acesso em: 25 Jul. 2024.

VOUKKALI, Irene et al. Urbanization and solid waste production: prospects and challenges. **Environmental Science and Pollution Research**, vol. 31, no. 12, p. 17678–17689, 4 Jun. 2023. DOI 10.1007/s11356-023-27670-2. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s11356-023-27670-2>>.

ANEXOS

ANEXO A - Parecer Consubstanciado do CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
RORAIMA - UFRR



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: Uma análise comparativa entre os municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE

Pesquisador: EMANUEL ARAUJO BEZERRA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 65825522.6.0000.5302

Instituição Proponente: Universidade Federal de Roraima - UFR

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.170.049

Apresentação do Projeto:

GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: Uma análise comparativa entre os municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE

Introdução. O crescimento da população mundial, das cidades e o desenvolvimento urbano resultam no incremento da demanda por bens e serviços, o que traz como consequência direta o acréscimo na geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). No âmbito nacional, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei nº. 12.305 de 2010, é considerada um dos marcos legais e considera as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. O uso circular e eficiente dos recursos naturais enfrenta desafios decorrentes das práticas atuais de produção e consumo, resultando na deterioração do meio ambiente. De modo geral, melhorias requerem tempo, investimento e investigação científica para alcançar resultados positivos em relação à gestão dos RSU. Diante deste contexto, emerge a seguinte questão: como está organizada e executada a Gestão e o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos nos municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE? Quais são as especificidades e similaridades dos processos de gestão e gerenciamento nos dois municípios situados em distintas regiões do país? A pesquisa tem como objetivo analisar comparativamente a Gestão e o Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos dos municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE, além de verificar os Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Endereço: Av. Cap. Ene Garcez, nº 2413, UFRR, Campus Paricarana, Bloco PRPPG/UFRR, Sala CEP/UFRR.
Bairro: Aeroporto **CEP:** 69.310-000
UF: RR **Município:** BOA VISTA
Telefone: (95)3621-3112 **Fax:** (95)3621-3112 **E-mail:** coep@ufr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
RORAIMA - UFRR



Continuação do Parecer: 6.170.049

Urbanos nos municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE; descrever uma série histórica dos dados e indicadores, dos últimos 10 anos, sobre o Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos nos municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE e especificar os processos produtivos e organizacionais nos locais de destinação final de Resíduos Sólidos e Cooperativas de Catadores de materiais recicláveis em Boa Vista-RR e Fortaleza-CE. Do ponto de vista dos objetivos da pesquisa, trata-se de uma pesquisa descritiva e exploratória. Em relação à sua natureza, o presente trabalho é uma análise comparativa, com abordagem quali-quantitativa dos dados. Quanto aos procedimentos, realizaremos uma análise comparativa, pesquisa documental, bibliográfica, em sistemas de informação e pesquisa de campo, por meio da qual realizaremos observação direta, registros fotográficos e entrevista. A pesquisa será realizada nos municípios de Boa Vista, capital do estado de Roraima e em Fortaleza, capital do estado do Ceará. Os dados serão coletados no período de abril a setembro de 2023. Visando alcançar os objetivos propostos e ao mesmo tempo facilitar a execução e compreensão, a técnica de coleta de dados foi subdividida em 3 momentos: coleta de dados segundo roteiro e coleta de dados da série histórica, análise dos PMGIRS e documentos complementares e observação direta e entrevista com responsáveis pelas unidades de processamento de resíduos e associações de catadores de materiais recicláveis. Os dados quantitativos serão submetidos à estatística descritiva. Em relação aos dados qualitativos, na fase interpretativa, utilizaremos técnicas de análise do conteúdo de Bardin (BARDIN, 2011) e do discurso segundo o marco da análise hermenêutica dialética (MINAYO, 2013). A presente pesquisa ocorrerá segundo o que estipula a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, obedecendo aos princípios de autonomia, beneficência, não maleficência e justiça. A pesquisa será submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Roraima e também às prefeituras municipais para solicitar autorização para realização dos procedimentos in loco.

Hipótese. A gestão dos municípios abrangidos pelo estudo não consegue realizar o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos gerados pela população, conforme disposto na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Metodologia.

Do ponto de vista dos objetivos da pesquisa, trata-se de uma pesquisa descritiva e exploratória, pois realizará o levantamento de características conhecidas dos processos estudados, ao mesmo tempo que objetiva conhecer fatos e fenômenos relacionados ao tema. Em relação à sua natureza, o presente trabalho é uma análise comparativa, com abordagem quali-quantitativa dos dados.

Endereço: Av. Cap. Ene Garcez, nº 2413, UFRR, Campus Paricarana, Bloco PRPPG/UFRR, Sala CEP/UFRR.
Bairro: Aeroporto **CEP:** 69.310-000
UF: RR **Município:** BOA VISTA
Telefone: (95)3621-3112 **Fax:** (95)3621-3112 **E-mail:** coep@ufrr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
RORAIMA - UFRR



Continuação do Parecer: 6.170.049

Quanto aos procedimentos, realizaremos uma análise comparativa, pesquisa documental, bibliográfica, em sistemas de informação e pesquisa de campo, por meio da qual realizaremos observação direta, registros fotográficos e entrevista. Embora esta necessidade de comparar possa ser identificada ao longo de toda a história da humanidade, a sua prática de uma forma metodologicamente estruturada só foi conhecida a partir da segunda metade do século XX (GONZALEZ, 2008). O método comparativo tem suas origens com os estudos de Stuart Mill, Durkheim e Weber. Em 1881, Stuart Mill já concebera duas possibilidades aplicáveis à comparação de fenômenos, denominando-as método de concordância e método de diferença (FRANCO, 2000). Por meio do método comparativo podemos descobrir regularidades, perceber deslocamentos e transformações, construir modelos e tipologias, identificar continuidades e descontinuidades, semelhanças e diferenças e explicitar as determinações mais gerais que regem os fenômenos sociais. (SCHNEIDER; SCHIMITT, 1998) Para García Garrido (1986), a finalidade da análise comparativa não é oferecer modelos para imitar, mas tentar compreender realidades distintas e tentar aprender com as suas experiências educativas (GARRIDO, 1999) A pesquisa será realizada nos municípios de Boa Vista, capital do estado de Roraima e em Fortaleza, capital do estado do Ceará. Os dados serão coletados no período de abril a setembro de 2023 pelo fato de ser um tempo suficiente para programar as etapas de coleta de dados e abranger as estações verão e inverno em ambas as regiões deste estudo. Visando alcançar os objetivos propostos e ao mesmo tempo facilitar a execução e compreensão, a técnica de coleta de dados foi subdividida em 3 momentos: coleta de dados segundo roteiro e coleta de dados da série histórica, análise dos PMGIRS e documentos complementares e observação direta e entrevista com responsáveis pelas unidades de processamento de resíduos e associações de catadores de materiais recicláveis. Os dados quantitativos serão submetidos à estatística descritiva. Em relação aos dados qualitativos, na fase interpretativa, utilizaremos técnicas de análise do conteúdo de Bardin (BARDIN, 2011) e do discurso segundo o marco da análise hermenêutica-dialética (MINAYO, 2013). A presente pesquisa ocorrerá segundo o que estipula a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, obedecendo aos princípios de autonomia, beneficência, não maleficência e justiça. A pesquisa será submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Roraima e também às prefeituras municipais para solicitar autorização para realização dos procedimentos in loco.

Critérios de inclusão. Para o estudo, foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: 1. Ser gestor na área de Resíduos Sólidos; 2. Ter idade igual ou superior a 18 anos; 3. Ser residente nos municípios de Boa Vista ou Fortaleza. 4. Concordar em participar da pesquisa através da assinatura

Endereço: Av. Cap. Ene Garcez, nº 2413, UFRR, Campus Paricarana, Bloco PRPPG/UFRR, Sala CEP/UFRR.
Bairro: Aeroporto **CEP:** 69.310-000
UF: RR **Município:** BOA VISTA
Telefone: (95)3621-3112 **Fax:** (95)3621-3112 **E-mail:** coep@ufr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
RORAIMA - UFRR



Continuação do Parecer: 6.170.049

do Registro de Consentimento Livre e Esclarecido (RCLE).

Critérios de exclusão. Serão excluídos do estudo os sujeitos que não se enquadrarem nos critérios de inclusão, ou aqueles que se enquadram, mas que não tiveram condições psicológicas de prestar informações de saúde, como os doentes mentais ou pessoas com demência severa, menores de idade, imigrantes, indígenas e populações vulneráveis. Serão excluídos sujeitos dos quais não se puderem coletar os dados do questionário por completo.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivos gerais. Analisar comparativamente a Gestão e o Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos dos municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE

Objetivos específicos.

- Verificar os Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos nos municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE;
- Descrever uma série histórica dos dados e indicadores, dos últimos 10 anos, sobre o Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos nos municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE;
- Especificar os processos produtivos e organizacionais nos locais de destinação final de Resíduos Sólidos e Cooperativas de Catadores de materiais recicláveis em Boa Vista-RR e Fortaleza-CE;

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os sujeitos envolvidos irão participar do estudo sendo observados e irão responder a perguntas relacionadas aos hábitos cotidianos das atividades desenvolvidas no gerenciamento dos resíduos sólidos. Não realizaremos perguntas que causem desconforto, mas ainda assim é possível que os entrevistados se sintam desconfortáveis ou envergonhados. Serão tomados todos os cuidados para proteção e minimização dos riscos dos participantes, tanto com relação à observação participante quanto em relação aos registros fotográficos que se fizerem necessários para alcançar os objetivos do estudo.

Benefícios: Com o presente estudo toda a população será beneficiada, uma vez que se poderá aumentar o conhecimento na área de resíduos sólidos, viabilizando melhores condições de trabalho a partir das condições identificadas. Haverá garantia de sigilo de dados confidenciais ou que, de algum modo, possam provocar constrangimentos ou prejuízos, tornando anônimo o material ou dados obtidos. Ainda assim, os participantes poderão cancelar suas decisões e deixar de participar em qualquer momento.

Endereço: Av. Cap. Ene Garcez, nº 2413, UFRR, Campus Paricarana, Bloco PRPPG/UFRR, Sala CEP/UFRR.
Bairro: Aeroporto **CEP:** 69.310-000
UF: RR **Município:** BOA VISTA
Telefone: (95)3621-3112 **Fax:** (95)3621-3112 **E-mail:** coep@ufr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
RORAIMA - UFRR



Continuação do Parecer: 6.170.049

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto de tese submetido ao Exame de Qualificação do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais - PRONAT da Universidade Federal de Roraima – UFRR, na área de concentração: Manejo e conservação de bacias hidrográficas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos de apresentação obrigatória constam no projeto de pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O pesquisador solucionou as pendências, não apresenta óbices éticos. Portanto, recomenda-se a sua aprovação pelo colegiado deste Comitê de Ética em Pesquisa.

PENDÊNCIA 1. Nos itens “CRITÉRIOS DE INCLUSÃO e CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO” deve-se informar se haverá PARTICIPANTES da pesquisa: menor, imigrantes, indígenas e população vulnerável.

SOLUÇÃO PENDÊNCIA 1: Para o estudo, foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: 1. Ser gestor na área de Resíduos Sólidos; 2. Ter idade igual ou superior a 18 anos; 3. Ser residente nos municípios de Boa Vista ou Fortaleza. 4. Concordar em participar da pesquisa através da assinatura do Registro de Consentimento Livre e Esclarecido (RCLE). Serão excluídos do estudo os sujeitos que não se enquadrarem nos critérios de inclusão, ou aqueles que se enquadram, mas que não tiveram condições psicológicas de prestar informações de saúde, como os doentes mentais ou pessoas com demência severa, menores de idade, imigrantes, indígenas e populações vulneráveis. Serão excluídos sujeitos dos quais não se puderem coletar os dados do questionário por completo.

PENDÊNCIA 2. Informar local onde as pessoas serão abordadas/entrevistadas.

SOLUÇÃO DA PENDÊNCIA 2: Os dados que envolvem observação participante e entrevista apenas serão coletados após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa e quando autorizados pelos participantes envolvidos, por meio da assinatura do Registro de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice D). Os participantes serão abordados e convidados a participar da pesquisa no seu próprio local de trabalho.

PENDÊNCIA 3. Carta de Anuência Institucional autorizando a realização da pesquisa (datada e assinada) das Instituições responsáveis pelo Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos nos municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE.

Endereço: Av. Cap. Ene Garcez, nº 2413, UFRR, Campus Paricarana, Bloco PRPPG/UFRR, Sala CEP/UFRR.
Bairro: Aeroporto **CEP:** 69.310-000
UF: RR **Município:** BOA VISTA
Telefone: (95)3621-3112 **Fax:** (95)3621-3112 **E-mail:** coep@ufrr.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
RORAIMA - UFRR**



Continuação do Parecer: 6.170.049

SOLUÇÃO DA PENDÊNCIA 3: Cartas de Anuência anexadas de acordo com as solicitações.

PENDÊNCIA 4. Quanto à Folha de Rosto a identificação das assinaturas nos campos de preenchimento deve conter, com clareza, o nome completo e a função de quem assina, preferencialmente, indicados por carimbo (Norma Operacional CNS Nº 001 de 2013, item 3.3.a), o preenchimento das informações em “Instituição Proponente” é de responsabilidade do Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Recursos Naturais - PRONAT. Solicita-se adequação.

SOLUÇÃO DA PENDÊNCIA 4: Folha de Rosto anexada de acordo com as especificações.

PENDÊNCIA 5. Estime um período de coleta dos dados (aplicação do questionário e/ou entrevistas) devem ser após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa. Esses ajustes devem ser feitos no cronograma de execução nos Projetos Básico e Completo.

SOLUÇÃO DA PENDÊNCIA 5: O cronograma foi atualizado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2058589.pdf	05/06/2023 21:22:16		Aceito
Outros	RELATORIO.pdf	05/06/2023 21:21:17	EMANUEL ARAUJO BEZERRA	Aceito
Outros	FOR.pdf	05/06/2023 21:20:17	EMANUEL ARAUJO BEZERRA	Aceito
Outros	BV.pdf	05/06/2023 21:19:54	EMANUEL ARAUJO BEZERRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Emanuel.pdf	05/06/2023 21:16:30	EMANUEL ARAUJO BEZERRA	Aceito
Folha de Rosto	FR_Emanuel_ok.pdf	05/06/2023 21:14:57	EMANUEL ARAUJO BEZERRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Emanuel.pdf	29/11/2022 13:53:26	EMANUEL ARAUJO BEZERRA	Aceito

Situação do Parecer:

Endereço: Av. Cap. Ene Garcez, nº 2413, UFRR, Campus Paricarana, Bloco PRPPG/UFRR, Sala CEP/UFRR.
Bairro: Aeroporto **CEP:** 69.310-000
UF: RR **Município:** BOA VISTA
Telefone: (95)3621-3112 **Fax:** (95)3621-3112 **E-mail:** coep@ufr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
RORAIMA - UFRR



Continuação do Parecer: 6.170.049

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BOA VISTA, 07 de Julho de 2023

Assinado por:
Fernanda Ax Wilhelm
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Cap. Ene Garcez, nº 2413, UFRR, Campus Paricarana, Bloco PRPPG/UFRR, Sala CEP/UFRR.
Bairro: Aeroporto **CEP:** 69.310-000
UF: RR **Município:** BOA VISTA
Telefone: (95)3621-3112 **Fax:** (95)3621-3112 **E-mail:** coep@ufr.br

ANEXO B – Autorização para pesquisa acadêmica da Prefeitura de Boa Vista

Prefeitura Municipal de Boa Vista
Secretaria Municipal de Serviços Públicos
Superintendência de Serviços Públicos



AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA ACADÊMICA

Declaro para os devidos fins, que o pesquisador Emanuel Araújo Bezerra, estará autorizado a cumprir a coleta de dados de sua pesquisa intitulada “Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma análise comparativa entre os municípios de Boa Vista -RR e Fortaleza-CE” junto a empresa gerenciadora do Aterro Sanitário Municipal, Sanepav Saneamento Ambiental Ltda, localizada na Rua João Barbosa, nº 78-A- Bairro Mecejana, no período de julho à outubro de 2023, após aprovação desta em Comitê de Ética e Pesquisa (CEP).

Salientamos ainda, que esta autorização é tão somente para coletar dados operacionais, ficando proibido a coleta de qualquer tipo de amostra de materiais, tais como: água e solo do Aterro Sanitário Municipal.

Atenciosamente,

Boa Vista – RR, 08 de maio de 2023.



RÔMULO LUIZ CARVALHO DE ALMEIDA
Superintendente de Serviços Públicos



VANDSON BRITO FERNANDES TAVEIRA
Secretário Municipal de Serviços Públicos Adjunto

Avenida Mário Homem de Melo, 484 - Centro
E-mail: pmbvssp@gmail.com
Telefone: (95) 98403-0670/ 98400-8403

ANEXO C – Carta de Anuência da Prefeitura de Fortaleza

**CARTA DE ANUÊNCIA DO ÓRGÃO**

A COLIMP/SCSP não se opõe ao projeto de pesquisa intitulado “GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: Uma análise comparativa entre os municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE”, desenvolvido por Emanuel Araújo Bezerra, com orientação da Prof.^a Dra. Francilene dos Santos Rodrigues (orientadora) e Prof.^a Dra. Lena Simone Barata Souza (coorientadora) na **Universidade Federal de Roraima**.

A COLIMP/SCSP repassaria os dados solicitados pela referida pesquisa. O repasse dos dados e autorização para utilização dos mesmos condiciona-se a não violação dos termos do contrato de concessão dos serviços públicos de limpeza urbana de 5 de Maio de 2003 entre Prefeitura Municipal de Fortaleza e ECOFOR AMBIENTAL S/A, bem como ao perfeito atendimento às disposições da LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados, aprovada sob o nº 13.709, em agosto de 2018). A autorização para realização da pesquisa fica condicionada à obediência de procedimentos de autorização do Comitê de Ética em Pesquisa e sua aprovação.

Declaramos ciência de que nossa repartição é cedente de dados para o presente projeto de pesquisa, e requeremos o compromisso do pesquisador responsável com o resguardo da segurança e bem-estar dos dados e participantes de pesquisa nela recrutados. Autorizamos a citação do nome do órgão nos títulos e textos das futuras publicações dos resultados do estudo.

Fortaleza, 12 de Abril de 2023

Thiago Mafra
COORDENADOR COLIMP/SCSP

João Pupo
SECRETÁRIO DE CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS PÚBLICOS



Fortaleza
PREFEITURA



Este documento é cópia do original e assinado digitalmente sob o número XE4AMARB
Para conferir o original, acesse o site <https://assineja.sepog.fortaleza.ce.gov.br/validar/documento>, informe o malote 2220030 e código XE4AMARB

ASSINADO POR:

Assinado por: THIAGO MAFRA:85416720344 em 12/04/2023

Assinado por: JOAO DE AGUIAR PUPO:40052281353 em 02/06/2023

ANEXO D – Autorização para pesquisa acadêmica da Prefeitura de Fortaleza

**AUTORIZAÇÃO PARA PESQUISA ACADÊMICA**

Declaro para os devidos fins, que o pesquisador Emanuel Araújo Bezerra, estará autorizado a cumprir a coleta de dados da sua pesquisa intitulada “Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos: **Uma análise comparativa entre os municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE**” junto a empresa gerenciadora do Aterro Sanitário Municipal, ECOFOR AMBIENTAL S/A, localizada na Avenida Rogaciano Leite, 841 - Jardim Das Oliveiras, Fortaleza, no período de julho à outubro de 2023, após aprovação deste em Comitê de Ética e Pesquisa (CEP).

Salientamos ainda, que esta autorização é tão somente para coletar dados operacionais, ficando proibido a coleta de qualquer tipo de amostra de materiais, tais como: água e solo do Aterro Sanitário Municipal.

Atenciosamente,

Fortaleza-CE, 17 de Maio de 2023

Thiago Mafra
COORDENADOR COLIMP/SCSP

João de Aguiar Pupo
SECRETÁRIO DE CONSERVAÇÃO E SERVIÇOS PÚBLICOS



Fortaleza
PREFEITURA



Este documento é cópia do original e assinado digitalmente sob o número PGRIEZMB
Para conferir o original, acesse o site <https://assineja.sepog.fortaleza.ce.gov.br/validar/documento>, informe o malote 2312901 e código PGRIEZMB

ASSINADO POR:

Assinado por: THIAGO MAFRA:85416720344 em 19/05/2023

Assinado por: JOAO DE AGUIAR PUPO:40052281353 em 02/06/2023

APÊNDICES

APÊNDICE A - FORMULÁRIO DE ENTREVISTA COM RESPONSÁVEIS PELAS UNIDADES DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

- Proprietário:
- Início do funcionamento:
- Município(s) de origem dos resíduos:
- Existe cercamento da área?
- Existem instalações administrativas ou de apoio aos trabalhadores?
- Existe impermeabilização da base do aterro (com argila ou manta)?
- Qual a frequência do recobrimento dos resíduos?
- Existe drenagem de gases?
- Existe sistema de drenagem do líquido percolado (chorume)?
- Existe unidade de tratamento do líquido percolado (chorume) na area interna da unidade?
- Existe recirculação do líquido percolado (chorume)?
- Há vigilância diurna e noturna na unidade?
- Há algum tipo de monitoramento ambiental da instalação?
- É feita queima de resíduos a céu aberto?
- Há presença de animais (exceto aves) na área (porcos, cavalos, vacas...)
- Há domicílios de catadores na área da unidade?
- Qual a quantidade de domicílios de catadores?
- Existe da vala específica para RSS na mesma área do aterro ou lixão?
- Qual o tipo de licença ambiental emitida pelo órgão de controle ambiental?
- Existe algum tipo de aproveitamento dos gases drenados?
- Existe unidade de tratamento do líquido percolado (chorume) localizada fora da área da unidade?
- Existe sistema de drenagem de águas pluviais na unidade?
- Existem catadores de materiais recicláveis no lixão ou no aterro?

APÊNDICE B - REGISTRO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (RCLE)

1 – Título da pesquisa: Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma análise comparativa entre os municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE

2 - Pesquisador responsável pelo projeto: Emanuel Araújo Bezerra, sob a orientação da Prof. Dr. Francilene dos Santos Rodrigues e coorientação da Prof. Dr. Lena Simone Barata Souza

3 - Instituição: Universidade Federal de Roraima - UFRR

Prezado(a) Senhor(a), você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa de forma totalmente voluntária. Este documento contém as informações e instruções a respeito da pesquisa necessárias ao seu conhecimento antes de aceitar a participação. Será garantido o sigilo; privacidade e acesso aos resultados durante a realização da pesquisa.

Este estudo está sendo realizado por Emanuel Araújo Bezerra, doutorando em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Roraima - UFRR , juntamente com a Prof^a. Dr. Francilene dos Santos Rodrigues e Prof^a. Dr. Lena Simone Barata Souza. A pesquisa é intitulada: “Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma análise comparativa entre as capitais Boa Vista-RR e Fortaleza-CE”.

JUSTIFICATIVA E BENEFÍCIOS DO ESTUDO: Esse estudo busca compreender em profundidade a temática de resíduos sólidos e produzir contribuições científicas sólidas que venham a subsidiar as ações de preservação dos recursos naturais nas áreas ambientais agredidas pela deposição dos resíduos sólidos de forma a considerar diferentes dimensões. Este estudo vai ao encontro dos objetivos propostos pelas legislações atualmente vigentes sobre a temática, ao mesmo tempo que contribui para o alcance dos objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.

OBJETIVOS DA PESQUISA: Analisar comparativamente o Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos dos municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE, além de caracterizar a gestão e o gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos entre os municípios de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE; descrever a série histórica dos dados e indicadores dos últimos 10 anos sobre o gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos nas cidades de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE e avaliar a contribuição das Cooperativas de Catadores para o gerenciamento de Resíduos Sólidos nas cidades de Boa Vista-RR e Fortaleza-CE.

SOBRE O PARTICIPANTE DA PESQUISA, CONSIDERA-SE O SEGUINTE:

a) a sua participação e suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgado o seu nome em qualquer fase do estudo, respeitando assim sua privacidade, tanto pelo pesquisador e quanto seus auxiliares;

b) a participação é voluntária, isto é, a qualquer momento o(a) participante pode recusar-se a responder qualquer pergunta ou desistir de participar e retirar seu consentimento, o que garante sua autonomia; O(A) Sr(a) não terá qualquer tipo de despesa para participar da pesquisa e não receberá remuneração por sua participação.

c) Sua participação nesta pesquisa consistirá em: uma entrevista individual semiestruturada; observação pelo pesquisador das atividades em seu ambiente de trabalho; além de registro fotográfico. As observações serão registradas através de relatório e anotação em diário de campo e a entrevista gravada mediante sua autorização para que nenhuma informação seja perdida.

d) os dados coletados por meio das entrevistas e das observações serão utilizados apenas dentro do contexto desta pesquisa e os resultados poderão ser divulgados em eventos ou revistas científicas, preservando a identidade dos participantes;

e) os resultados estarão à sua disposição quando finalizada a pesquisa e ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de cinco anos, e, após esse tempo, serão descartados de forma que não prejudique o meio ambiente.

Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é um documento que comprova a sua permissão. Será necessária a sua assinatura para oficializar o seu consentimento. Ele encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida para o(a) participante.

Ressalta-se que a sua valiosa colaboração é muito importante e, a seguir, será apresentada uma Declaração e, se o(a) participante estiver de acordo com o conteúdo da mesma, deverá assiná-la, conforme já lhe foi explicado anteriormente.

DECLARAÇÃO

Declaro estar ciente do inteiro conteúdo deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e estou de acordo em participar do estudo proposto, sabendo que dele poderei desistir a qualquer momento, sem sofrer qualquer punição ou constrangimento.

Nome completo do(a) participante

Assinatura do(a) participante

Assinatura do pesquisador responsável

_____, _____ de _____ de _____

Para possíveis informações ou esclarecimentos a respeito da pesquisa, você poderá contatar: Emanuel Araújo Bezerra, doutorando em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Roraima, e-mail: ebezerra@ifrr.edu.br. Tel: (95) 98113-5749.