



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Trabalho de Licenciatura

**Compostagem Comunitária como Estratégia de Mitigação de Emissões de GEE:
Análise baseada na Caracterização de Resíduos Domésticos – Caso de Estudo
Bairro de Nkobe**

Discente:

Jasse, Salustiana da Mércia

Supervisores:

Eng.^a Ana Gonçalves

Maputo, Outubro de 2024



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Trabalho de Licenciatura

**Compostagem Comunitária como Estratégia de Mitigação de Emissões de GEE:
Análise baseada na Caracterização de Resíduos Domésticos – Caso de estudo
Bairro de Nkobe**

Discente:

Jasse, Salustiana da Mércia

Supervisores:

Eng.^a Ana Gonçalves

Maputo, Outubro de 2024

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante Salustiana da Mércia Jasse entregou no dia ____/____/20____
as ____ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência:

______ intitulado: **Compostagem Comunitária como Estratégia de Mitigação
de Emissões de GEE: Análise baseada na Caracterização de resíduos domésticos –
Caso de estudo Bairro de Nkobe**

Maputo, ____ de _____ de 20____

A Chefe da Secretaria

Dedicatórias

Ao Supremo Deus e Messias Meishu-Sama, aos meus Antepassados, aos meus pais, Venâncio Salustiano Jasse e Mércia Cecília Chambule, pela orientação, ensinamentos, amor, dedicação e confiança.

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, ao Supremo Deus e ao Messias Meishu-Sama, por toda a luz e proteção concedida ao longo desta etapa acadêmica.

Aos meus pais, Venâncio Salustiano Jasse e, em especial, à minha mãe Mércia Cecília Chambule e ao meu avô Sérgio Chambule que estiveram sempre ao meu lado nessa caminhada. Agradeço também ao meu tio Elton Sancho Chambule, e às minhas "outras mães", Talina Chambule, Dulce Chambule, Alda Chambule, Ruth Nhampulo e madrinha Olinda pelo amor e apoio incondicional.

Minha gratidão endereço a ministra Verônica Manganhela, o saudoso responsável Armando Mandlate, as responsáveis Jaqueline Diogo, Cecília Cuna e Elsa Namacuele.

Minha profunda gratidão à minha grande inspiração no campo da de trabalho na área de gestão de resíduos sólidos, minha supervisora Ana Gonçalves, por me apoiar, aceitar trabalhar comigo e, principalmente, pela confiança que sempre depositou em mim.

Agradeço à minha prima Brênia Cau, que, mesmo à distância, sempre me apoiou e é um exemplo que desejo seguir tanto no nível acadêmico quanto no profissional.

À minha família em geral, aos meus irmãos e, em especial, à mana Florinda Jasse, deixo também os meus sinceros agradecimentos.

Aos meus colegas, em especial ao Team Work + 1 Cote (Arcanjo, Jéssica Langa, Jéssica Gemo, Muriane, Leonésia Pelembe e Elton Cote), e as minhas amigas Janett Guambe e Elisa Ouana. Ao senhor Eurico Pinto por ter me apoiado no âmbito da minha matrícula.

Agradeço aos docentes por todo o conhecimento transmitido, aos funcionários do departamento, às estruturas do bairro de Nkobe que apoiaram a realização do trabalho de campo, e aos residentes que colaboraram. A todos, endereço o meu mais profundo agradecimento.

Resumo

O presente estudo avalia o potencial da compostagem comunitária como estratégia de mitigação de emissões de gases de efeito estufa, com base na caracterização dos resíduos sólidos domésticos do bairro de Nkobe, no município da Matola. A selecção desse local de estudo – Nkobe – se deve às lacunas identificadas no sistema de gestão de resíduos local, com vistas à implementação de soluções voltadas à gestão de resíduos orgânicos. O estudo inclui a análise da percepção da população em relação à gestão de resíduos sólidos, a caracterização e quantificação gravimétrica dos resíduos, o potencial de viabilidade para compostagem e a estimativa da redução nas emissões de metano associada à adoção da compostagem comunitária, além do dimensionamento dos compostores necessários. A metodologia usada baseou-se na combinação das abordagens qualitativas e quantitativas, englobando revisão bibliográfica, entrevistas com os munícipes para avaliar sua percepção sobre a gestão de resíduos e análise dos aspectos físicos dos resíduos. Os resultados deste estudo indicaram que aproximadamente 30% dos resíduos sólidos domésticos gerados no bairro são resíduos orgânicos com potencial para compostagem. A implementação da compostagem comunitária, aliada a estratégias educacionais e políticas, sendo que, numa fase inicial com uma taxa de captura de 20%, desviar cerca de 1,4 toneladas de resíduos orgânicos por ano gerados apenas nas residências do bairro. Com o aprimoramento das práticas e o aumento da adesão da comunidade, estima-se que essa taxa de captura pode alcançar até 70%, desviando aproximadamente 2 toneladas anuais de resíduos. Esse processo reduz significativamente a emissão de carbono para a atmosfera, contribui para a mitigação de gases de efeito estufa e possui potencial para a geração de créditos de carbono.

Palavras-chave: Campanha de caracterização de RSD, percepção sobre GRSU, compostagem comunitária, mitigação de GEE.

Abstract

This study evaluates the potential of community composting as a strategy for mitigating greenhouse gas emissions, based on the characterization of household solid waste in the Nkobe neighborhood, in the municipality of Matola. The selection of this study location – Nkobe, was driven by gaps identified in the local waste management system, with the aim of implementing solutions focused on organic waste management. The study includes an analysis of the population's perception of solid waste management, the characterization and gravimetric quantification of waste, the feasibility potential for composting, and the estimation of methane emission reductions associated with the adoption of community composting, as well as the sizing of the necessary composters. The methodology used was based on a combination of qualitative and quantitative approaches, including a literature review, interviews with residents to assess their perception of waste management, and analysis of the physical aspects of the waste. The results of this study indicated that approximately 30% of the household solid waste generated in the neighborhood is organic waste with potential for composting. The implementation of community composting, combined with educational strategies and policies, could initially capture 20% of organic waste, diverting about 1,4 tons of waste per year generated solely from the households in the neighborhood. With improved practices and increased community participation, it is estimated that this capture rate could reach up to 70%, diverting approximately 2 tons of waste annually. This process significantly reduces carbon emissions into the atmosphere, contributes to the mitigation of greenhouse gases, and has the potential to generate carbon credits.

Keywords: Solid waste characterization campaign, perception of municipal solid waste management, community composting, greenhouse gas mitigation.

Índice

1	Introdução.....	17
1.1	Exposição do Problema	18
1.2	Justificativa.....	19
1.3	Objectivos	19
1.3.1	Objectivo geral.....	19
1.3.2	Objectivos específicos	19
1.4	Metodologia.....	20
2	Revisão bibliográfica	21
2.1	Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos	21
2.1.1	Resíduos	21
2.1.2	Gestão de Resíduos	21
2.2	Classificação de Resíduos Sólidos	22
2.2.1	Quanto a origem:	22
2.2.2	Quanto a composição	22
2.2.3	Quanto ao estado físico	23
2.2.4	Quanto ao grau de perigo	23
2.3	Impactos Ambientais causados pela má gestão Resíduos	23

2.3.1	Poluição do Solo.....	24
2.3.2	Poluição da Hídrica.....	24
2.3.3	Poluição do Atmosférica	24
2.3.4	Impactos na Biodiversidade.....	25
2.3.5	Impactos na Saúde Pública	26
2.3.6	Impactos Sociais e Económicos	26
2.4	Valorização de Resíduos	27
2.5	Compostagem.....	29
2.5.1	Compostagem comunitária.....	29
2.5.2	Características para o local de compostagem.....	32
2.6	Caracterização de Resíduos	33
2.7	Métodos de Caracterização de Resíduos	34
2.7.1	Análise Física	35
2.7.2	Fração Percentual	37
2.7.3	Produção Per Capita de Resíduos	37
2.7.4	Produção Total de Resíduos	38
2.8	Dimensionamento de centro de compostagem	38
2.8.1	Projecção da População	39

2.9	Percepção Comunitário sobre Gestão de Resíduos	39
2.9.1	Nível de Conhecimento da População.....	40
2.9.2	Factores que Influenciam a Percepção	40
2.9.3	Ferramentas de Avaliação	41
2.10	Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos.....	42
2.10.1	Campanha de Caracterização de Resíduos em Nampula, Moçambique	43
2.11	Credito de carbono.....	44
2.11.1	O Protocolo de Kyoto e os Mecanismos de Flexibilidade	44
2.11.2	Limite de Emissões de Carbono de Moçambique	45
2.12	Determinação das Emissões de GEE	46
2.12.1	Potencial de Emissão de Carbono	47
	Metodologia e trabalho de campo	49
3	Descrição do local de estudo.....	49
3.1	Histórico e Contexto de Expansão	49
3.2	Estrutura Urbana e Infraestrutura.....	50
3.3	Desenvolvimento Económico e Comercial	50
3.4	Problemas de Expansão e Desafios Ambientais.....	51
3.5	Crescimento Populacional.....	51

4	Metodo e materias	52
4.1	Descrição da Amostra	52
4.1.1	Critérios de Selecção e Método de Amostragem.....	52
4.1.2	Características da Amostra	55
4.1.3	Avaliação da Percepção Comunitária sobre a GRS	58
4.2	Campanha de Caracterização dos Resíduos.....	68
4.2.1	Procedimentos de recolha de Dados.....	68
5	Resultados da campanha de caraterizacao.....	75
5.1	Fases da Campanha	75
5.1.1	Classificação dos Resíduos.....	75
5.2	Comparação dos resultados	78
6	Potencial de Valorização dos Resíduos Orgânicos	81
6.1	Projecção Populacional e Geração de Resíduos	81
6.1.1	Dimensionamento do Centro de Compostagem	84
6.2	Quantificação do carbono biodegradável	85
6.3	Proposta de Compostagem.....	86
6.4	Dimensionamento dos compostores	88
6.5	Estratégia para implementação.....	89

6.5.1	Educação Ambiental e Conscientização.....	89
6.5.2	Implantação de Políticas de Separação de Resíduos	90
7	Conclusões e recomendações	91
7.1	Conclusões	91
7.2	Recomendações	92
8	Referencias Bibliograficas	93
Anexos		97

Lista de Siglas e Acrônimos

CH₄ - Metano

CO₂ - Dióxido de Carbono

COVs - Compostos Orgânicos Voláteis

DOC - Carbono Orgânico Degradável (Degradable Organic Carbon)

GEE - Gases de Efeito Estufa

GRSU - Gestão dos resíduos sólidos urbanos

H₂S - Sulfeto de Hidrogênio

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change)

MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

NH₃ - Amônia

NO_x - Óxidos de Nitrogênio

RS - Resíduos Sólidos

RSD - Resíduos Sólidos Domésticos

RSO - Resíduos Sólidos Orgânicos

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

Índice de Figura

Figura 1 - Triagem manual (fonte: (Nampula, 2018))	36
Figura 2: Mapa de localização do bairro de Nkobe	49
Figura 3: Registro das resposta feita no processo de o levantamento do nível de percepção da população sobre a GRS	53
Figura 4: Assinatura do entrevistado/a que confirma a permissão para analisar os RS.....	54
Figura 5: Mapa das residências que estiveram envolvidas no estudo.....	55
Figura 6: Gráfico de dados gerais da amostra.....	56
Figura 7: Nível de escolaridade dos entrevistados	57
Figura 8: Ocupação/profissão dos entrevistados.....	58
Figura 9: Análise das respostas sobre o sistema de recolha do bairro	59
Figura 10: Foco de deposição de RSU próximo ao um Poste de transformação de corrente elétrica.....	60
Figura 11: Focos de deposição de resíduos desativados e com placa de proibição de deposição	61
Figura 12: Análise das respostas sobre a avaliação de recolha do bairro.....	62
Figura 13: Resíduos depositados na cova	63
Figura 14: Momento em que um munícipe queimava o resíduos como forma de gestão ..	64
Figura 15: Análise das respostas sobre o sistema de gestão a nível domestico.....	65

Figura 16:Análise das respostas sobre as formas de valorização implementados.....	66
Figura 17:Análise das respostas sobre a implementação da compostagem	67
Figura 18:Análise das respostas sobre a aceitação	68
Figura 19: Preparação para a triagem do resíduos	70
Figura 20: Pesagem dos resíduos produzidos no intervalos de 24 horas	71
Figura 21: retirada da tara do balde	72
Figura 22: Registo da pesagem de diferentes frações de resíduos.....	72
Figura 23: Resto de comida.....	73
Figura 24: Resíduos de jardim.....	73
Figura 25: Têxteis sanitários.....	73
Figura 26: variedades de plásticos	73
Figura 27: Plástico PET	74
Figura 28: Finos/inertes	74
Figura 29: Gráfico com a fracção de resíduos analisadas do estudo de NKobe	76
Figura 30: Gráfico com a fracção de resíduos analisadas do estudo de Nampula.....	79
Figura 31: Projecções carbono e metano ao longo de dez anos	86
Figura 32: Compostagem em pallets	87

Índice de Tabela

Tabela 1:Diferentes processos de valorização dos resíduos sólidos	28
Tabela 2: Características da compostagem comunitária	30
Tabela 3: Diferentes tecnologia de compostagem.....	31
Tabela 4: Critério de identificação do local apropriado instalação dos compostores ou para construção de um centro de compostagem.....	32
Tabela 5: Aspectos da caracterização de resíduos	34
Tabela 6: Factores que influenciam na percepção sobre gestão de resíduos.....	41
Tabela 7: Diferentes ferramentas para avaliação da percepção de uma amostra.....	42
Tabela 8: Analise do potencial de valorização de cada fração de resíduos do estudo de Nkobe	77
Tabela 9: Comparação das fracções de Nkobe e Nacala	80
Tabela 10: Determinação da produção per capita.....	82
Tabela 11: projeções dos resíduos gerados nas residências dentro de 10 anos	83
Tabela 12: Projeções dos resíduos a serem encaminhados para um centro de compostagem	84
Tabela 13: Quantidade de carbono biodegradável.....	85
Tabela 14:Dimensionamento dos compostores de pallets	88

Índice de Equação

Equação 1 Equação geral do processo de compostagem	29
Equação 2: Fracção percentual de cada categoria de resíduos.....	37
Equação 3: Produção per capita	37
Equação 4: produção total de resíduos	38
Equação 5: Projecção populacional	39
Equação 6: Intervalo de anos	39
Equação 7: Fracção de carbono degradável	47
Equação 8: Quantificação do metano a partir do carbono disponível.....	48

Índice de Anexo

Anexo 1:Potencial de aquecimento	I
Anexo 2: Estrutura do questionario feito aos morados do bairro de Nkobe.....	I
Anexo 3: Etapas de abertura de composteira domesticas em pilha nas residências	III
Anexo 4: Densidade de diferentes fracções de resíduos	IV
Anexo 5:Teor de carbono dos resíduos.....	V
Anexo 6: Resultados da campanha de caracterização em Nampula	VII
Anexo 7: Parcela da folha de cálculos onde foi lancada os dados de cada residência na campanha de caracterização de RSD	VII

1 INTRODUÇÃO

O aumento da geração de resíduos sólidos está directamente relacionado à rápida urbanização, ao crescimento populacional nas áreas suburbanas (CHALUQUE, 2013). A crescente preocupação com as mudanças climáticas e suas consequências para o meio ambiente tem impulsionado a sociedade a buscar alternativas sustentáveis para a gestão dos resíduos sólidos. Nesse contexto, a compostagem comunitária se destaca como uma estratégia eficaz para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, ao transformar resíduos orgânicos em composto de qualidade, reduzindo o volume de resíduos enviados aos aterros sanitários e diminuindo a pegada de carbono das comunidades (Harris, 2023).

No município da Matola, o sector responsável pela gestão dos resíduos tem enfrentado sérios desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos, frequentemente acumulados em locais inadequados, como terrenos baldios e nas bermas das estradas. O bairro de Nkobe, em particular, enfrenta grandes dificuldades em sua evolução urbana.

Nesse cenário, a geração per capita de resíduos sólidos urbanos em zonas rurais e suburbanas é estimada entre 0,35 e 0,47 kg por dia, respectivamente (MTA, 2017). O Município da Matola, por sua vez, supera uma produção diária de 1,4 toneladas de resíduos sólidos urbanos, provenientes das actividades domésticas, do sector público e privado (MTA, 2021).

Globalmente, mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos são constituídos por resíduos orgânicos. A baixa taxa de valorização desses resíduos tem gerado a disseminação de animais vectores de doenças, a emissão de gases de efeito estufa e a poluição de lençóis freáticos devido ao chorume resultante da decomposição não controlada dos resíduos orgânicos, comprometendo a qualidade do solo, da água subterrânea e, consequentemente, a saúde pública (KIEHL, 1985).

Para mitigar esses problemas, as técnicas de decomposição aeróbia e anaeróbia têm sido aprimoradas para a valorização dos resíduos orgânicos (CHALUQUE, 2013). A

decomposição aeróbia, ou compostagem, merece destaque, pois é um método ambientalmente sustentável e acessível a todos.

Apesar de diversas iniciativas de valorização dos resíduos sólidos urbanos, a valorização material, que abrange a reciclagem de plástico, metal e papel/papelão, tem se destacado em nosso país. No entanto, são escassas as iniciativas voltadas à valorização dos resíduos orgânicos (LANGA, 2014).

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar o potencial da compostagem comunitária como estratégia para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com base na caracterização dos resíduos gerados nas residências do bairro de Nkobe. Para alcançar esse objectivo, foi realizada a avaliação da percepção da população local em relação às questões ambientais e à valorização dos resíduos sólidos urbanos, bem como a caracterização e quantificação dos resíduos sólidos produzidos por meio da análise gravimétrica. Também foram determinados a quantidade de resíduos sólidos orgânicos gerados, com potencial para compostagem, e calculada a quantidade de carbono biodegradável dos resíduos orgânicos para a quantificação do metano que não será gerado como resultado da implementação do processo de compostagem, além do dimensionamento dos compostores comunitários necessários.

1.1 Exposição do Problema

O aumento da geração de resíduos sólidos urbanos, especialmente de resíduos orgânicos, é um desafio significativo para o município da Matola, refletindo a rápida urbanização, o crescimento populacional e a diversificação no consumo. No bairro de Nkobe, a gestão inadequada dos resíduos resultou em acúmulo em áreas impróprias, contribuindo para a poluição ambiental, a emissão de gases de efeito estufa e riscos à saúde pública. A falta de políticas efectivas para a valorização dos resíduos tem limitado as oportunidades de mitigação desses problemas, tornando-se essencial a identificação de estratégias sustentáveis que possam transformar resíduos em recursos e promover a conscientização da comunidade.

1.2 Justificativa

A crescente preocupação com as mudanças climáticas e os impactos ambientais associados a falta de gestão de resíduos sólidos exigem a adoção de práticas mais sustentáveis. A compostagem comunitária se apresenta como uma solução eficaz, não apenas para reduzir o volume de resíduos encaminhados a lixeira, mas também para mitigar as emissões de GEE. No caso de Matola, a implementação de projectos de compostagem pode resultar em uma significativa redução de do volume de resíduo na lixeira , contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

Além disso, ao promover a valorização dos resíduos orgânicos, este estudo não só ajudará a solucionar um problema ambiental, mas também estimulará a conscientização da população local em práticas de gestão de resíduos. Portanto, a pesquisa proposta é relevante não apenas para o município de Matola, mas também pode servir como modelo para outras comunidades que enfrentam desafios semelhantes na gestão de resíduos sólidos. As informações obtidas podem fundamentar a formulação de políticas públicas e programas de educação ambiental, proporcionando uma base sólida para a transformação da realidade dos resíduos na região.

1.3 Objectivos

1.3.1 Objectivo geral

Analisar o potencial da compostagem comunitária como estratégia para a mitigação de emissões de gases de efeito estufa, com base na caracterização dos resíduos gerados nas residências do bairro de Nkobe.

1.3.2 Objectivos específicos

- Avaliar da percepção da população envolvida em relação a valorização dos RSU;

- Caracterizar e quantificar os resíduos sólidos produzidos, mediante a análise gravimétrica;
- Determinar a quantidade de resíduos sólidos orgânicos gerados com potencial ao processo de compostagem;
- Determinar quantidade de carbono biodegradável e do metano que deixará de ser emitido como resultado da implementação do processo de compostagem;
- Dimensionar os compostores comunitários.

1.4 Metodologia

A realização deste trabalho baseou-se em pesquisa bibliográfica e trabalho de campo, para a recolha de dados que permitiram, posteriormente, proceder ao dimensionamento do centro de compostagem e quantificar o metano que não será emitido. A pesquisa bibliográfica consistiu na análise e recolha de informações (artigos, livros, dissertações, trabalhos de licenciatura e sites de *internet*) relacionadas com:

- Resíduos Sólidos Urbanos;
- Caracterização dos resíduos sólidos urbanos;
- Valorização dos resíduos orgânicos;
- Quantificação o carbono biodegradável .

Para o trabalho de campo serão realizadas as seguintes actividades:

- Visita ao Município da Matola e as estruturas do bairro;
- Entrevista aos moradores;
- Caracterização de resíduos produzidos em diferentes intervalos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) em Moçambique é definida pelo Ministério da Terra e Ambiente como um conjunto de práticas e políticas para administrar os resíduos sólidos, abrangendo desde a recolha e transporte até o tratamento e deposição final (Ambiente, 2014).

2.1.1 Resíduos

O Decreto n.º 94/2014, de 31 de Dezembro, define resíduos como sendo a “substância ou objecto que se eliminam, que se tem a intenção de eliminar ou que se é obrigatório por lei a eliminar, também designados por lixo”.

Referem-se a quaisquer materiais resultantes de actividades humanas que são considerados indesejados e que necessitam ser descartados ou tratados. Esses materiais podem derivar de processos industriais, actividades comerciais, domésticas, agrícolas ou de serviços e podem assumir diversas formas, como sólidos, líquidos ou gasosos (RIBEIRO, 2022).

2.1.2 Gestão de Resíduos

A gestão integrada de resíduos é o conjunto de procedimentos viáveis, implementados com vista a assegurar uma gestão ambientalmente segura, sustentável e racional dos resíduos, tendo em conta a necessidade da sua redução, reciclagem e reutilização, incluindo a separação, recolha, manuseamento, transporte, armazenagem e/ou eliminação de resíduos bem como a posterior protecção dos locais de eliminação, por forma a proteger a saúde humana e o ambiente contra os efeitos nocivos que possam advir dos mesmos (MTA, 2017).

2.2 Classificação de Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são classificados segundo diferentes critérios, desde a origem, composição, ao estado físico e ao nível de periculosidade. (SANTOS, 2020) e (MTA, 2017).

2.2.1 Quanto a origem:

Resíduos domésticos são provenientes das habitações ou outros locais que se assemelhem.

Resíduos comercial são os provenientes dos estabelecimentos comerciais, instituições publicas, escritórios, restaurantes e outros similares, que são depositados em contentores.

Resíduos industriais Gerados por processos industriais, incluindo restos de matérias-primas, produtos defeituosos e resíduos de processos e geralmente são proibidos por lei de ser depositados nos contentores dos RSU.

Resíduos de construção e demolição também designados de entulho, são resíduos que resultam da construção e/ou da demolição de construção ou infra-estrutura publicas ou privadas, nomeadamente pedras, escombros, pedras e outros de características similares.

Resíduos hospitalares são resíduos Provenientes das actividades e de locais com características semelhantes, contendo materiais como seringas, roupas contaminadas e resíduos de medicamentos.

2.2.2 Quanto a composição

Resíduos orgânicos são provenientes de espaços verdes, nomeadamente os de jardins, parques, campos desportivos, bem como os resíduos biodegradáveis alimentares, provenientes de habitações, de unidades de fornecimento das refeições ou resíduos similares das unidades de transformação de alimentos.

Resíduos inorgânicos Materiais que não se decompõem facilmente, incluindo plásticos, metais, vidro e cerâmica.

Resíduos inertes são caracterizados por sua estabilidade e baixa reactividade, são resíduos que não se degradam, não libertam substâncias tóxicas e não afetam a qualidade do solo, da água ou da atmosfera, são as areias, cinzas e outros resíduos de características similares

2.2.3 Quanto ao estado físico

Sólidos – resíduos que se mantêm sua forma e consistência, como papel, plástico e metal.

Líquidos – resíduos na forma de líquidos, como efluentes industriais ou outros processos.

Gasosos – emissões gasosas provenientes de processos industriais ou outros processos.

2.2.4 Quanto ao grau de perigo

Perigosos são os resíduos que contêm características de risco por serem inflamáveis, explosivos, corrosivos, tóxicos, infecciosos ou radioativos, ou por apresentarem qualquer outra característica que constitua perigo para a vida ou saúde do homem e de outros seres vivos e para a qualidade do ambiente.

Não perigosos são resíduos que não apresentam riscos significativos para a saúde ou o meio ambiente.

2.3 Impactos Ambientais causados pela má gestão Resíduos

O aumento populacional e a urbanização acelerada resultam em um aumento significativo na geração de resíduos sólidos. As áreas urbanas e suburbanas enfrentam desafios específicos, como a alta densidade de população e a escassez de espaço para a gestão e deposição final de resíduos, desencadeando impactos e danos ao meio ambiente. (Hoornweg, 2012)

A gestão de resíduos é fundamental para a preservação ambiental e a sustentabilidade dos ecossistemas. Quando realizada de forma inadequada, compromete não apenas a eficácia das estratégias de eliminação e tratamento, mas também provoca uma série de impactos adversos e severos sobre o meio ambiente (Smith J. T., 2022). O crescimento demográfico global tem impulsionado tanto as actividades industriais quanto o consumo de recursos naturais, a fim de fornecer produtos processados para a comunidade. Consequentemente, o volume e a complexidade dos resíduos gerados têm aumentado de forma significativa (Jones H. &, 2023). Essa realidade transforma a gestão de resíduos em um desafio crescente, afectando diversos sectores e matrizes do meio ambiente.

2.3.1 Poluição do Solo

O solo é um recurso vital que contribui para o equilíbrio ecológico e a pratica da agricultura. O descarte inadequado de resíduos, especialmente de produtos químicos e materiais industriais, pode resultar na contaminação do solo. Essa contaminação não só afeta a qualidade e a fertilidade do solo, mas também compromete a segurança alimentar ao introduzir substâncias tóxicas na cadeia alimentar (Brown, Contamination of Soil by Industrial Waste: Implications for Agriculture. Journal of Environmental Protection, 2021).

2.3.2 Poluição da Hídrica

A água é essencial para a vida e para diversos processos industriais e agrícolas. Resíduos líquidos e sólidos que se infiltram no solo podem contaminar fontes de água subterrânea e superficiais. Poluentes e nutrientes provenientes dos resíduos podem causar eutrofização de corpos d'água, prejudicando a vida aquática e tornando a água imprópria para uso humano e ambiental (Brown, 2021).

2.3.3 Poluição do Atmosférica

No contexto da gestão de resíduos por diversas comunidades, os métodos utilizados incluem a queima, o enterro de resíduos e, em muitos casos, o descarte em lixeiras, focos de lixo ou, idealmente, em aterros sanitários. A decomposição de resíduos orgânicos em

tais sistemas produz poluentes atmosféricos. Esses poluentes não apenas comprometem a qualidade do ar, mas também estão associados a problemas de saúde respiratória e ao aquecimento global, intensificando as mudanças climáticas. (Taylor, 2019)

A decomposição de resíduos orgânicos em lixeiras resulta na liberação de vários gases para a atmosfera, principalmente devido à decomposição anaeróbica, sendo os principais gases emitidos durante este processo: metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S), compostos orgânicos voláteis (COVs), óxidos de nitrogênio (NO_x) e amoníaco (NH_3).

O metano é um dos produtos mais significativos da decomposição anaeróbica e é responsável por cerca de 50 a 60% do biogás produzido em aterros sanitários. Este gás é um potente causador do efeito estufa, sendo aproximadamente 27 ± 11 vezes mais eficaz na retenção de calor atmosférico do que o dióxido de carbono ao longo de um período de 100 anos (IPCC, 2021), conforme a tabela em Anexo 1. O dióxido de carbono, por sua vez, também é um subproduto importante e contribui para o aquecimento global, representando cerca de 30 a 50% dos gases emitidos em aterros sanitários (Smith J. T., 2022)

Além do metano e do dióxido de carbono, outros compostos são liberados durante a decomposição de resíduos em aterros. Compostos orgânicos voláteis (COVs), por exemplo, resultam da degradação de plásticos e materiais químicos, e podem contribuir para a formação de ozônio troposférico, o que representa um risco à saúde humana (Miller, 2019). O sulfeto de hidrogênio (H_2S), produzido pela decomposição de materiais orgânicos contendo enxofre, é conhecido por seu cheiro característico de "ovo podre" e pode ser prejudicial à saúde em altas concentrações, causando irritação nos olhos e no sistema respiratório (Oliveira, 2018).

2.3.4 Impactos na Biodiversidade

O descarte inadequado pode levar à destruição de habitats naturais e à ingestão de resíduos tóxicos por animais, afetando sua saúde e a estabilidade dos ecossistemas. Poluentes como plásticos e produtos químicos podem contaminar solos e os corpos águas, resultando

em envenenamento e morte de varias espécies de animais. A perda de biodiversidade e a degradação dos habitats comprometem a resiliência dos ecossistemas e sua capacidade de se adaptar a mudanças ambientais, tornando essencial a adoção de práticas de gestão de resíduos mais sustentáveis para proteger a saúde dos ambientes naturais e das espécies que deles dependem. (Miller, 2019)

2.3.5 Impactos na Saúde Pública

A presença de resíduos, tanto em áreas urbanas quanto rurais, cria condições favoráveis para a proliferação de vectores de doenças, como moscas, mosquitos, aves, baratas e ratos. Esses vectores podem transmitir patógenos e levar ao surgimento de doenças infecciosas e parasitárias, representando riscos significativos para a saúde das comunidades. Além disso, a exposição a resíduos perigosos, como produtos químicos e metais pesados, pode causar problemas de saúde directos, como doenças respiratórias e cancro. Esses problemas aumentam a demanda sobre os sistemas de saúde pública, exigindo mais recursos para tratamento e gestão dessas condições.

A gestão inadequada de resíduos não só compromete a saúde das pessoas, mas também sobrecarrega os serviços de saúde, destacando a importância de práticas eficazes de gestão de resíduos para proteger a saúde pública e aliviar a pressão sobre os sistemas de saúde. (Miller, 2019)

2.3.6 Impactos Sociais e Económicos

A gestão inadequada de resíduos pode causar degradação ambiental com graves repercussões económicas e sociais. A poluição do solo, água e atmosférica decorrente do descarte inadequado de resíduos afecta a qualidade de vida das comunidades, tornando os ambientes menos agradáveis e seguros. Isso pode levar à desvalorização das propriedades, uma vez que áreas contaminadas são vistas como menos atraentes para residentes e para o sector do turismo.

Além disso, a limpeza e remediação de áreas contaminadas geram custos elevados para governos e proprietários. Os processos de remoção de resíduos e descontaminação envolvem despesas significativas com serviços especializados e tecnologias de tratamento. Esses custos podem desviar recursos de outras áreas importantes e impactar a economia local, ressaltando a importância de uma gestão eficaz de resíduos para proteger o meio ambiente e reduzir gastos com remediação (Taylor, 2019).

2.4 Valorização de Resíduos

A valorização de resíduos é uma prática essencial na gestão moderna de resíduos, com o objectivo de transformar materiais descartados em recursos úteis e reduzir os impactos ambientais. As principais técnicas de valorização incluem compostagem, reciclagem de materiais, reciclagem química e recuperação energética (Harris, 2023).

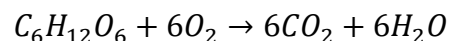
Tabela 1:Diferentes processos de valorização dos resíduos sólidos

Processo	Descrição	Vantagens
Compostagem	A compostagem é um processo biológico que transforma resíduos orgânicos, como restos de alimentos e resíduos de jardinagem, em um composto rico em nutrientes. Esse processo é realizado por microrganismos que decompõem os materiais orgânicos sob condições controladas de temperatura, humidade e oxigénio (Hand, 1996).	Reduz o volume de resíduos orgânicos destinados a aterros sanitários, contribuindo para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa. O composto produzido melhora a qualidade do solo, promovendo a saúde das plantas e aumentando sua fertilidade.
Reciclagem de Material	A reciclagem envolve a recolha, separação e processamento de materiais recicláveis, como papel, vidro, plásticos e metais, para convertê-los em novos produtos, passando por etapas como trituração, limpeza e reformulação dos materiais (Geyer et al., 2003).	Reduz a necessidade de extração de matérias-primas, preservando recursos naturais. Economiza energia e água em comparação à produção a partir de matérias-primas primárias. Contribui para a diminuição do volume de resíduos enviados a aterros sanitários, e para a redução do uso de matéria-prima nos processos produtivos.
Reciclagem Química	A reciclagem química decompõe materiais poliméricos em suas unidades químicas básicas, permitindo a produção de novos produtos. Esse processo é particularmente eficaz para plásticos que não podem ser reciclados mecanicamente, utilizando técnicas como pirólise ou hidrólise (Hopewell, 2009). Um exemplo dessa abordagem é a tecnologia ChemCycling, que converte resíduos plásticos em óleo de pirólise para uso como matéria-prima na produção de novos plásticos de alta qualidade (Zaman, 2015).	Recicla plásticos mistos e contaminados, contribuindo para a redução da poluição. Produz materiais de alta qualidade e reutilizáveis, promovendo o uso sustentável dos recursos naturais.
Recuperação Energética	A recuperação energética converte resíduos não recicláveis em energia, como eletricidade ou calor, por meio de técnicas como incineração ou gaseificação. Essa abordagem é indicada para tratar resíduos que não podem ser compostados ou reciclados de outras formas (Jones H. L., 2023).	Reduz o volume de resíduos em aterros, prolongando sua vida útil e diminuindo a pressão sobre novas áreas de disposição de resíduos. Reduz a dependência de combustíveis fósseis ao transformar resíduos em energia, diversificando as fontes de energia. Fornece uma fonte adicional de energia renovável, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e apoiando as metas de sustentabilidade (Bichou et al., 2007).

2.5 Compostagem

A compostagem pode ser classificada em três escalas: grandes, médias e pequenas. Nos centros de compostagem centralizados, grandes volumes de resíduos orgânicos são processados, geralmente provenientes de municípios ou indústrias. Em média escala, os centros de compostagem comunitária envolvem a participação activa da comunidade local na gestão dos resíduos, promovendo a conscientização ambiental. Por fim, na pequena escala, a compostagem doméstica é realizada nas residências, onde os moradores gerenciam seus próprios resíduos orgânicos, contribuindo para a sustentabilidade e a sua redução.

Independentemente da escala, o princípio da conversão dos resíduos orgânicos em composto permanece o mesmo, sendo que é uma reação biológica complexa que envolve a acção de microrganismos, mas, de forma geral, pode ser expressa na Equação 1:



Equação 1 Equação geral do processo de compostagem

2.5.1 Compostagem comunitária

A compostagem comunitária, também pode ser designada de descentralizada é um modelo de gestão de resíduos orgânicos que se desenvolve localmente e próxima à fonte de geração do resíduo. Este método busca reduzir significativamente a quantidade de resíduos que precisam ser transportados para lixeiras, ao mesmo tempo em que produz composto para a agricultura urbana, hortas comunitárias e outras iniciativas locais (De Silva et al, 2019)

Essa prática representa uma alternativa eficiente e sustentável ao sistema tradicional centralizado de gestão de resíduos. Ela diminui os custos de transporte, reduz as emissões de carbono associadas ao deslocamento de resíduos e promove a economia circular dentro das comunidades (Bernhardt et al, 2021).

A organização Abalimi Bezekhaya tem se destacado na promoção da agricultura urbana e da compostagem descentralizada nos assentamentos da Cidade do Cabo, na África do Sul. O projecto consiste na recolha de resíduos orgânicos de residências e hortas comunitárias, implementando a compostagem local.

A Tabela 2, apresenta características da compostagem comunitária mostrando que este modelo não apenas permite que as comunidades gerem seu próprio composto para projectos agrícolas, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos, promovendo a sustentabilidade local (Abalimi Bezekhaya, 2021).

Tabela 2: Características da compostagem comunitária

Características	Descrição
Escala reduzida	A compostagem ocorre em locais menores, como bairros, escolas, hortas comunitárias e pequenas empresas, facilitando a gestão e a participação da comunidade (Zaman & Lehmann, 2013).
Proximidade à fonte de resíduos	Os resíduos são recolhidos e processados nas proximidades de sua origem, minimizando a necessidade de transporte e armazenamento (De Silva & Jayasinghe, 2019).
Envolvimento comunitário	Os membros da comunidade têm um papel activo, contribuindo com resíduos orgânicos e participando da manutenção dos centros de compostagem (Goldstein & Meijer, 2021).
Produção local de fertilizante	O composto gerado pode ser utilizado directamente na região, estimulando a agricultura urbana e a produção de alimentos de forma sustentável (Bernhardt & Schilhab, 2020).

Com a crescente conscientização sobre a importância da redução de resíduos e do cuidado ambiental, várias metodologias têm sido desenvolvidas, variando desde técnicas simples, acessíveis a qualquer comunidade, até sistemas mais avançados que utilizam tecnologia para otimizar o processo.

A Tabela 3, apresenta os principais tipos de compostagem que podem ser implementadas e suas características, vantagens e desvantagens.

Tabela 3: Diferentes tecnologia de compostagem

Tipo de Compostagem	Características	Vantagens	Desvantagens
Pilha Aberta	Formação de pilhas de resíduos orgânicos, alternando camadas de carbono (folhas secas, serradura, afins) e nitrogênio (resto de alimentos), que são revolvidas ocasionalmente (Lima & Silva, 2021).	Baixo custo, fácil de implementar e não requer equipamentos sofisticados.	Requer bastante espaço, gestão frequente, pode emitir maus odores e atrair pragas.
Composteira com Pallets (Silos)	Compostagem em recipientes feitos de <i>pallets</i> ou materiais reaproveitados, facilitando o controle do material (Souza & Oliveira, 2020).	Mais organizado e ventilado, ocupando menos espaço.	Requer materiais para construção e necessita de gestão constante para evitar problemas.
Tambores Rotativos	Compostagem em tambores fechados que podem ser girados manualmente para garantir aeração constante, resultando em um processo mais rápido (Ribeiro & Amaral, 2019).	Ambiente mais controlado, minimiza odores e evita pragas, com eficiência na compostagem em semanas.	Custo inicial elevado e capacidade limitada para grandes volumes.
Vermi-compostagem Comunitária	Utiliza minhocas para decompor resíduos, produzindo húmus de alta qualidade; pode ser feita em caixas ou recipientes (Pereira & Santos, 2022).	Produz composto de alta qualidade, pode ser realizada em pequenos espaços.	Sensível a variações climáticas, limitada nos tipos de resíduos e exige mais conhecimento técnico.
Compostagem Termofílica Automatizada	Uso de tecnologia para controlar automaticamente temperatura, humidade e aeração; pode incluir sistemas fechados (Ferreira & Gomes, 2023).	Alta eficiência na decomposição, com produção de composto em tempo relativamente curto e menos gestão.	Alto custo de aquisição e manutenção, além de exigir conhecimento técnico para operação.

Para a implementação da compostagem, é essencial considerar a escolha de um local apropriado, seguindo determinadas regras e diretrizes.

2.5.2 Características para o local de compostagem

A escolha do local para o processo de compostagem é fundamental para garantir a eficiência da compostagem, além de minimizar potenciais impactos ambientais e sociais. Em Moçambique, não existe legislação que regule o processo de compostagem, o que desencadeou a pesquisa dos critérios em diferentes fontes da literatura. A Tabela 4, descreve os principais critérios a serem considerados durante a identificação do local de compostagem.

Tabela 4: Critério de identificação do local apropriado instalação dos compostores ou para construção de um centro de compostagem

Critério	Descrição
Topografia e Acessibilidade	O local deve ser um terreno plano ou ligeiramente inclinado para facilitar a drenagem natural, evitando alagamentos. Acessibilidade adequada para os usuários e para o uso de veículos leves, como carrinhos de mão, é essencial para o gestão eficiente dos resíduos (Bernal et al., 2009).
Proteção contra Intempéries	Recomenda-se a instalação de uma cobertura parcial para proteger os resíduos da exposição directa à chuva, evitando o excesso de humidade, que pode prejudicar a decomposição (Haug, 1993). A sombra parcial, preferencialmente proporcionada por árvores ou uma outra estrutura, para manter a temperatura estável, evitando ressecamento excessivo durante períodos quentes (Diaz e Savage, 2007).
Distância de áreas sensíveis	Deve-se manter uma distância mínima de 10 a 15 metros de residências e áreas de lazer para reduzir a possibilidade de odores, evitando inconvenientes para a vizinhança (Tchobanoglous et al., 1993). Além disso, deve-se manter uma distância de 30 a 50 metros de corpos de água, como poços ou rios, para evitar contaminação por chorume (Tchobanoglous et al., 1993).
Características do solo	O solo no local deve ser permeável para permitir uma drenagem adequada do excesso de líquidos (chorume), ajudando a prevenir acúmulos de água. A instalação dos compostores directamente sobre o solo facilita a entrada de microrganismos e minhocas que auxiliam na decomposição, promovendo uma compostagem mais eficiente (Grigatti et al., 2011; Epstein, 1997).

Critério	Descrição
Ventilação	O local deve permitir uma boa circulação de ar, crucial para garantir a manutenção de condições aeróbias e evitar a geração de odores devido a processos anaeróbios. É importante manter um espaçamento adequado entre os compostores para permitir o fluxo de ar e facilitar o acesso ao gestão (Diaz e Savage, 2007; Haug, 1993).
Proximidade dos pontos de geração de resíduos	A localização dos compostores deve ser próxima dos principais pontos de geração de resíduos, como cozinhas comunitárias ou mercados, para reduzir a necessidade de transporte e incentivar a participação dos usuários. A logística eficiente é essencial para promover o uso contínuo e adequado dos compostores (Barton et al., 2000).
Estética e integração com paisagem	O local deve ser escolhido de forma a minimizar impactos visuais negativos, especialmente em áreas públicas. A utilização de plantas ao redor do compostor pode ajudar a integrá-lo visualmente na paisagem, criando uma barreira natural e melhorando a aparência do local (Bernal et al., 2009).

2.6 Caracterização de Resíduos

A caracterização de resíduos é um processo fundamental para planejar uma gestão eficiente e a implementação de estratégias de valorização (Oliveira, 2018). Este processo envolve a identificação das propriedades físicas, químicas e biológicas dos resíduos, proporcionando informações essenciais para a sua gestão adequada (Miller, 2019). A Tabela 5, descreve alguns aspectos que a caracterização de resíduos permite analisar.

Tabela 5: Aspectos da caracterização de resíduos

Aspecto	Descrição Detalhada
Classificação adequada	Identificar a natureza dos resíduos para classificá-los correctamente, conforme as normas de classificação dos resíduos, garantindo que eles sejam tratados de maneira apropriada e segura. (Oliveira, 2018)
Planeamento de gestão	Fornecer dados necessários para a elaboração de planos para a gestão de resíduos, abrangendo as etapas de recolha, transporte, tratamento e disposição final. (Santos, 2019)
Redução de impactos ambientais	A caracterização detalhada permite identificar substâncias perigosas, facilitando a adoção de medidas preventivas que minimizem os impactos ambientais e os riscos à saúde pública. (Santos, 2019)
Análise do potencial de valorização	Identificar componentes que podem ser reciclados ou reutilizados, promovendo a economia circular e reduzindo a demanda por recursos naturais. (Santos, 2019)

A caracterização dos resíduos facilita a escolha e implementação de tecnologias de valorização, como a compostagem, a digestão anaeróbica e a incineração com recuperação de energia, transformando resíduos em novos produtos ou fontes de energia (ANVISA, 2020)

2.7 Métodos de Caracterização de Resíduos

A caracterização de resíduos envolve uma série de análises físicas, químicas e biológicas, cada uma fornecendo dados específicos e detalhados sobre as propriedades dos materiais estudados. A análise física compreende técnicas como triagem manual, determinação granulométrica e avaliação da densidade dos resíduos. A análise química tem por objectivo identificar e quantificar os principais constituintes químicos dos resíduos, com ênfase na detecção de compostos orgânicos voláteis, sendo esta etapa essencial para a avaliação e mitigação dos impactos ambientais.

Métodos avançados, como espectroscopia e cromatografia, são empregados para a identificação e quantificação de compostos químicos específicos, adaptando-se às particularidades do estudo. A análise biológica foca nos aspectos microbiológicos dos resíduos, fundamentais para processos de tratamento biológico, e inclui o teste de

biodegradabilidade, o potencial bioquímico de metano e a análise de patógenos. (George Tchobanoglous, 1993)

Contudo, para esta pesquisa específica, a caracterização será restrita à análise física, com ênfase na triagem manual e na caracterização granulométrica

2.7.1 Análise Física

A análise física dos resíduos constitui a etapa inicial na caracterização e é fundamental para a avaliação de resíduos sólidos domésticos (RSD) e os RSU (George Tchobanoglous, 1993). Esta análise proporciona informações fundamentais sobre as propriedades físicas dos resíduos, incluindo sua composição granulométrica, densidade e características específicas, que são essenciais para a gestão integrada e otimização dos processos de tratamento e deposição dos resíduos. produtos. (Júlio Pereira da Silva, 2018)

2.7.1.1 Triagem Manual

A separação dos resíduos em categorias como papel, plástico, vidro, metais, orgânicos, finos e inertes é fundamental para identificar a composição física dos materiais descartados. Essa classificação permite avaliar a quantidade e a natureza dos resíduos gerados, facilitando a implementação de estratégias específicas para reciclagem, reutilização e tratamento adequado de cada tipo de material. Por exemplo, resíduos orgânicos podem ser compostados, enquanto metais e vidros podem ser reciclados para a produção de novos produtos. (Júlio Pereira da Silva, 2018)



Figura 1 - Triagem manual (fonte: (Nampula, 2018))

2.7.1.2 Granulometria

Nas campanhas de caracterização, geralmente a análise granulométrica é realizada durante a triagem dos resíduos, conforme a Figura 1. Estes são colocados em uma mesa de triagem com aberturas que geralmente variam de 6 a 10 mm, sendo essa faixa considerada a fração fina durante a classificação dos resíduos. (Nampula, 2018)

2.7.1.3 Densidade

A medição da densidade dos resíduos é importante para o planejamento eficiente do transporte e da armazenagem. Conhecer a densidade permite calcular com precisão o volume que os resíduos ocuparão em veículos de transporte e instalações de armazenamento, otimizando a utilização do espaço disponível.

Além disso, a densidade pode ajudar a reduzir os custos operacionais, melhorando a logística do transporte e garantindo que a gestão dos resíduos sejam feitas de maneira segura e eficiente ao longo de toda a cadeia de gestão. (Garcia & Santos, 2019).

As densidades para diferentes frações de resíduos estão detalhas na tabela em Anexo 4.

2.7.2 Fração Percentual

Para determinar a massa total, é necessário somar as massas de todas as frações separadas, obtendo assim a massa total dos resíduos da amostra. Em seguida, para calcular a fração de cada categoria de resíduos, deve-se aplicar a Equação 2, para cada componente:

$$F_{categoria} = \left(\frac{m_{categoria}}{m_{total}} \right) \times 100\%$$

Onde:

Equação 2: Fração percentual de cada categoria de resíduos

$F_{categoria}$ = Fração percentual da categoria [%]

$m_{categoria}$ = Massa da categoria específica [kg]

m_{total} = Massa total dos resíduos analisados [kg]

2.7.3 Produção Per Capita de Resíduos

A produção *per capita* de resíduos é um método que quantifica a média de resíduos gerado por pessoa em um determinado período, geralmente calculada em kg/habitante/dia. Essa medida é essencial para identificar padrões de consumo e descarte na população e fornece *insights* sobre as práticas de gestão de resíduos. A fórmula para calcular a produção per capita de resíduos é:

$$ppc = \frac{Q_{total}}{Pop}$$

Equação 3: Produção per capita

Onde:

ppc: Produção per capita [kg/hab/dia]

Q_{total} : Quantidade de RSU total [kg/dia]

Pop: População total [hab]

2.7.4 Produção Total de Resíduos

A produção total de resíduos refere-se à soma total de resíduos gerados em uma determinada área, em um determinado período, expressa em toneladas por ano. Essa componente possibilita que possa-se planejar adequadamente a infraestrutura necessária para a gestão de resíduos, incluindo recolha, transporte, tratamento e disposição final (Levy, 2006).

$$\text{Produção de resíduos} = ppc \times Pop$$

Equação 4: produção total de resíduos

A Equação 4, permite projectar a geração de resíduos em função do crescimento populacional de uma determinada área, oferecendo uma ferramenta valiosa para o planeamento e a gestão de resíduos. Ao considerar o aumento da população, é possível antecipar as necessidades de infraestrutura e serviços de recolha, tratamento e disposição final de resíduos. Assim, pode-se implementar estratégias adequadas para lidar com o aumento esperado na produção de resíduos, assegurando uma gestão eficiente e sustentável ao longo do tempo.

2.8 Dimensionamento de centro de compostagem

Para dimensionar um centro de compostagem de forma adequada, é fundamental conhecer o número actual de habitantes da região e a taxa de crescimento populacional. Essas informações permitem calcular a quantidade de resíduos que deverá ser encaminhada ao centro, garantido um processo de compostagem continuo (Jaramillo, 2003).

2.8.1 Projecção da População

A projecção faz parte de uma etapa essencial para o dimensionamento e permite estimar o crescimento demográfico da área de interesse. Essa projecção é feita utilizando uma equação específica para estimar a população futura, assumindo que a taxa de crescimento populacional seja constante ao longo do tempo. (Jaramillo, 2003).

$$P_{pop} = Pop_{actual}(1 + q)^n$$

Equação 5: Projecção populacional

$$n = t_{final} - t_{inicial}$$

Equação 6: Intervalo de anos

Onde:

P_{pop} – População projectada [hab.]

Pop_{actual} – População actual [hab]

q – Taxa de crescimento da população

t – Tempo [anos]

Essa suposição facilita os cálculos e fornece uma estimativa da quantidade de resíduos que deverá ser gerada nos próximos anos, assegurando o correcto dimensionamento e a sua viabilidade operacional

2.9 Percepção Comunitário sobre Gestão de Resíduos

A percepção da população sobre gestão de resíduos varia significativamente conforme diversos factores, incluindo a localização geográfica, o nível de educação e o acesso à informação. Estudos mostram que em regiões urbanas, onde há maior acesso à informação

e programas educativos, a população tende a ter um melhor entendimento sobre a importância da gestão de resíduos.

2.9.1 Nível de Conhecimento da População

Um estudo realizado por Kirchherr et al. (2017), revela que a maioria dos entrevistados na Europa tem um entendimento básico sobre a gestão de resíduos, mas há uma lacuna significativa quando se trata de conhecimentos aprofundados e da implementação prática desses conceitos. Na América Latina, pesquisa similar realizada Ribeiro e Kruglianskas (2018), que embora haja uma crescente conscientização sobre a necessidade de práticas sustentáveis, o conhecimento específico sobre a gestão local de resíduos é baixo. Além disso, a pesquisa de Zaman (2015), destaca que a percepção sobre a gestão de resíduos é muitas vezes superficial, focada principalmente na reciclagem, enquanto aspectos mais abrangentes, como a redução na fonte e a reutilização, são menos compreendidos. Isso sugere a necessidade de programas educativos mais abrangentes e específicos para aumentar o nível de conhecimento da população.

2.9.2 Factores que Influenciam a Percepção

A percepção dos indivíduos em relação à gestão de resíduos é influenciada por diversos factores, que variam desde aspectos individuais, como o nível de educação, até influências externas, como políticas públicas e cultura local. Esses elementos desempenham um papel fundamental na formação de atitudes e comportamentos voltados para a sustentabilidade e práticas ambientais responsáveis. Na Tabela 6, são apresentados os principais factores que influenciam essa percepção:

Tabela 6: Factores que influenciam na percepção sobre gestão de resíduos

Factores	Descrição
Educação	Indivíduos com maior nível de escolaridade tendem a ter uma percepção mais positiva e um comportamento mais proactivo em relação à gestão de resíduos. Programas educacionais formais e campanhas de conscientização desempenham um papel crucial nesse contexto
Cultura	Em sociedades onde a sustentabilidade é um valor culturalmente enraizado, como em alguns países, a população é mais propensa a adoptar práticas de gestão de resíduos e economia circular. Em culturas onde o consumo e o descarte são mais prevalentes, práticas de gestão de resíduos são menos comuns.
Políticas públicas e infraestrutura	Em localidades onde o governo implementa políticas de gestão integrada de resíduos e fornece infraestrutura adequada, como pontos de recolha selectiva e programas de reciclagem, a população tende a ser mais consciente e engajada.

2.9.3 Ferramentas de Avaliação

Diversas ferramentas de avaliação são utilizadas para entender as percepções, atitudes e práticas da população em relação à gestão de resíduos. Cada uma dessas ferramentas possui características específicas que permitem obter diferentes tipos de dados, seja quantitativo ou qualitativo, contribuindo para uma compreensão mais abrangente e detalhada sobre a pesquisa. Na Tabela 7, estão descritas as principais ferramentas de avaliação que podem ser utilizadas.

Tabela 7: Diferentes ferramentas para avaliação da percepção de uma amostra

Ferramenta de Avaliação	Descrição
Questionários	Método comum que proporciona dados quantitativos sobre o entendimento e atitudes das pessoas em relação à gestão de resíduos. Estudos como o de Martínez-Sánchez et al. (2015) utilizaram questionários estruturados para avaliar a conscientização entre diferentes grupos populacionais.
Entrevistas	Entrevistas estruturadas e semi-estruturadas oferecem uma compreensão mais profunda das percepções e atitudes individuais. Uwe Flick (2014) destaca que este método qualitativo é essencial para captar aspectos que os questionários podem não revelar. A análise de conteúdo das respostas pode identificar motivações e barreiras enfrentadas pela população.
Observações participativas e estudos de caso	Permitem a observação directa do comportamento das pessoas e da eficácia das iniciativas de gestão de resíduos em diferentes contextos.
Tecnologias e plataformas online	Aplicativos móveis e plataformas online estão se tornando populares para a recolha de dados. Essas ferramentas podem alcançar um público mais amplo e fornecer dados em tempo real sobre práticas e percepções da população.

2.10 Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos

A gestão eficiente de RSD é fundamental para a sustentabilidade ambiental e para a melhoria da qualidade de vida urbana. A caracterização desses resíduos é uma etapa fundamental para entender a composição dos resíduos gerados e, assim, desenvolver estratégias eficazes para sua gestão, reciclagem e valorização. (Hoornweg, 2012)

Estudos de caso realizados em diferentes regiões do mundo fornecem uma visão abrangente sobre a diversidade e complexidade dos RSD. Esses estudos revelam como factores locais, como desenvolvimento económico, práticas culturais e infraestrutura disponível, influenciam a composição dos resíduos e as práticas de gestão.

No contexto urbano global, a caracterização dos RSD pode revelar padrões e desafios específicos que precisam ser abordados por meio de políticas públicas, iniciativas comunitárias e tecnologias apropriadas (Harris, 2023).

2.10.1 Campanha de Caracterização de Resíduos em Nampula, Moçambique

O estudo de caracterização de RSD em Nampula, pretendia determinar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domésticos, produzidos directamente pela população residentes, e como tal, utilizou a técnica de amostragem por zona, também conhecida como *Cluster Sampling*. Conforme recomendado por vários autores, foram seleccionados entre 20 a 40 agregados familiares em cada classe de território, abrangendo diferentes zonas e bairros da cidade para garantir uma amostra representativa das diversas áreas socio-económicas.

A monitorização da separação dos resíduos foi assegurada por meio de visitas regulares dos responsáveis pelo estudo. Este acompanhamento constante garantiu a adesão às regras de separação dos resíduos, que foram classificados em húmidos (restos de comida) e secos (plásticos, latas, vidro, papel/cartão).

Os dados de pesagem revelaram uma geração média de 0,34 kg de resíduos por habitante por dia, distribuídos em 0,05 kg/hab/dia para materiais secos e 0,29 kg/hab/dia para orgânicos. A caracterização dos resíduos indicou que 86% eram matéria orgânica, enquanto 14% eram materiais secos recicláveis, porém apenas 37% dessa amostra foi considerada, devido a contaminação com resíduos velhos (Município de Nampula, 2018).

2.11 Credito de carbono

O conceito de crédito de carbono surgiu como uma ferramenta para incentivar a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no contexto das negociações climáticas internacionais. Um crédito de carbono representa uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂) ou outro GEE equivalente que foi reduzida, evitada, ou removida da atmosfera. Este conceito está intimamente relacionado aos mecanismos de mercado introduzidos pelo Protocolo de Kyoto, um tratado internacional adotado em 1997 e em vigor desde 2005, que estabeleceu metas juridicamente vinculantes de redução de emissões de GEE para países desenvolvidos (UNFCCC, 2024).

2.11.1 O Protocolo de Kyoto e os Mecanismos de Flexibilidade

O Protocolo de Kyoto introduziu três mecanismos de flexibilidade para que os países pudessem cumprir suas metas de redução de emissões de GEE de maneira económica:

- Crédito de carbono:
- Implementação conjunta;
- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

O crédito de carbono permite que países que superam suas metas de redução de GEE vendam créditos de carbono excedentes a países que não atingiram suas metas, promovendo um mercado de carbono. A Implementação Conjunta possibilita que um país invista em projectos de redução de emissões em outro país e receba créditos que podem ser usados para cumprir suas metas. O MDL permite que países desenvolvidos invistam em projectos de mitigação em países em desenvolvimento, recebendo créditos de redução certificada de emissões como compensação (UNFCCC, 2024).

Esses mecanismos incentivaram a cooperação internacional e o investimento em tecnologias limpas, mas o Acordo de Paris, adotado em 2016, trouxe uma abordagem mais inclusiva, exigindo que todos os países apresentem Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) para reduzir emissões e se adaptar aos impactos das mudanças

climáticas (Carbon Market Watch, 2024). O Artigo 6 do Acordo de Paris mantém a estrutura dos mercados de carbono e estabelece um novo mecanismo global, o Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável, para substituir o MDL, com critérios mais rigorosos para garantir a integridade ambiental e evitar a contagem dupla de reduções de emissões (UNFCCC, 2024)

Os créditos de carbono têm sido uma ferramenta crucial para reduzir o custo da mitigação climática, incentivando a inovação tecnológica e o financiamento de projectos de energia renovável, reflorestamento, e eficiência energética. No entanto, o mercado de carbono também enfrenta desafios, como a integridade ambiental, a complexidade regulatória e a equidade no acesso aos benefícios. A transição para o Acordo de Paris introduziu novos desafios, especialmente em relação ao monitoramento, verificação, e relato das reduções de emissões, a fim de garantir que os créditos representem reduções reais e adicionais (Carbon Market Watch, 2024)

O Acordo de Paris foi assinado por 195 países e ratificado por 194 desses países, incluindo a União Europeia como um bloco. O Acordo foi adotado em Dezembro de 2015 durante a 21ª Conferência das Partes (COP21) em Paris, França. Moçambique participou desse evento e faz parte dos países com o acordo ratificado.

Moçambique se comprometeu a reduzir suas emissões de carbono como parte de seus compromissos nacionais determinados no âmbito do Acordo de Paris. Em seu compromisso mais recente, atualizado em 2021, o país estabeleceu metas condicionais e incondicionais para a redução de suas emissões de GEE. Essas metas são fundamentais para alinhar o país às diretrizes globais de combate às mudanças climáticas e demonstram seu esforço em mitigar os impactos das emissões (Environment, 2021).

2.11.2 Limite de Emissões de Carbono de Moçambique

- Metas Incondicionais: Moçambique estabeleceu uma meta incondicional de reduzir 19,6 milhões de toneladas de CO₂ equivalente até 2025 e 33,0 milhões de toneladas até 2030. Essas metas não dependem de financiamento internacional, o que reforça

a responsabilidade do país em sua própria capacidade de implementar ações para a redução das emissões.

- Metas Condicionais: Adicionalmente, o país definiu uma meta condicional que pode resultar em uma redução extra de 40 milhões de toneladas de CO₂ equivalente até 2025, caso consiga garantir o suporte financeiro e técnico necessário.

Para quantificar os créditos de carbono, é imprescindível analisar o potencial de emissão de carbono de diversos processos, incluindo a gestão de resíduos sólidos.

2.12 Determinação das Emissões de GEE

O presente trabalho tem como objectivo analisar os resíduos sólidos gerados em nível domiciliar, buscando estimar as emissões de GEE provenientes da fracção dos resíduos orgânicos. Para isso, é necessário estimar de forma precisa a quantidade de emissões que os resíduos domiciliares podem gerar. Segundo o inventário do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), essas emissões podem ser determinadas utilizando metodologias recomendadas pelo IPCC recomendadas para resíduos sólidos orgânicos.

No contexto de Moçambique, e especificamente no município da Matola, a gestão de RSU é predominantemente realizada em lixeiras a céu aberto. Essas lixeiras podem ser comparadas a aterros não controlados, onde os resíduos são depositados sem qualquer mecanismo adequado de tratamento, como sistemas de recuperação de metano ou controle de lixiviados. Essa disposição inadequada dos resíduos contribui significativamente para o aumento das emissões de GEE, especialmente do metano (CH₄) e do dióxido de carbono (CO₂), que são responsáveis pelo aquecimento global.

De acordo com o IPCC, resíduos orgânicos, como restos de alimentos e resíduos de jardim, possuem um alto teor de carbono biodegradável. Em condições anaeróbicas, comuns nesses locais de disposição, os RSO se decompõem e geram metano. A ausência de sistemas de captação resulta na liberação direta do metano na atmosfera, agravando a contribuição do sector de resíduos para o aquecimento global.

2.12.1 Potencial de Emissão de Carbono

Em aterros sanitários controlados, são implantados sistemas de captação de metano, capazes de recuperar até 50% do gás gerado, mitigando assim as emissões diretas para a atmosfera (Miller, 2019). Em contrapartida, em depósitos de resíduos não controlados, a eficiência de captação é nula, o que implica que todo o metano produzido pela decomposição dos resíduos é liberado diretamente na atmosfera, intensificando o impacto ambiental.

Os resíduos orgânicos, incluindo restos de alimentos e resíduos de jardinagem, possuem um teor de carbono em torno de 30% - 50%, conforme descrito na tabela de DOC (Carbono Orgânico Degradável) de diferentes resíduos, conforme indicado literatura “Volume 5 - Waste das Diretrizes do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (2006)”.

De acordo com a tabela de DOC em Anexo 5, esses valores são essenciais para a quantificação o potencial de carbono biodegradável. Para determinar a quantidade de carbono biodegradável presente nos resíduos orgânicos, aplica-se a fórmula da Equação 7.

$$F_{C_{biodegradável}} = Q_{total} \times F_x \times DOC_x + MSW \times F_y \times DOC_y$$

Equação 7: Fração de carbono degradável

Onde:

$F_{C_{biodegradável}}$ – Fração de carbono degradável (t_c/ano)

Q_{total} – Quantidade total de resíduos sólidos urbanos (t/ano)

(F_{org}) – Fração de resíduos

DOC – Carbono Orgânico Degradável

O carbono degradável presente nos resíduos orgânicos pode ser convertido em CH₄ por meio do processo de decomposição anaeróbica. Nos aterros sanitários, uma fração do

carbono presente nos resíduos é transformada em metano, seguindo um factor de conversão que corresponde aproximadamente a $\frac{16}{12}$ kg de CH₄ para cada 1 kg de carbono. Essa relação reflete a razão entre as massas molares de metano e carbono.

A fórmula para determinar a quantidade de metano gerado a partir do carbono disponível pode ser expressa conforme a Equação 8:

$$CH_{4_{gerado}} = F_{C_{biod}} \times \frac{16}{12}$$

Equação 8: Quantificação do metano a partir do carbono disponível

METODOLOGIA E TRABALHO DE CAMPO

3 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O bairro de Nkobe está situado na província de Maputo, no distrito da Matola e do município homônimo, especificamente no posto administrativo da Machava. Localiza-se no interior do município da Matola e faz fronteira com os bairros Malhemele ao norte; Machava Socimol Km 15, Singatela, São Dâmaso e Bunhiça ao sul; 1º de Maio e Intaka a leste; e Matola Gare a oeste. Nkobe é um dos 42 bairros que compõem o município de Matola

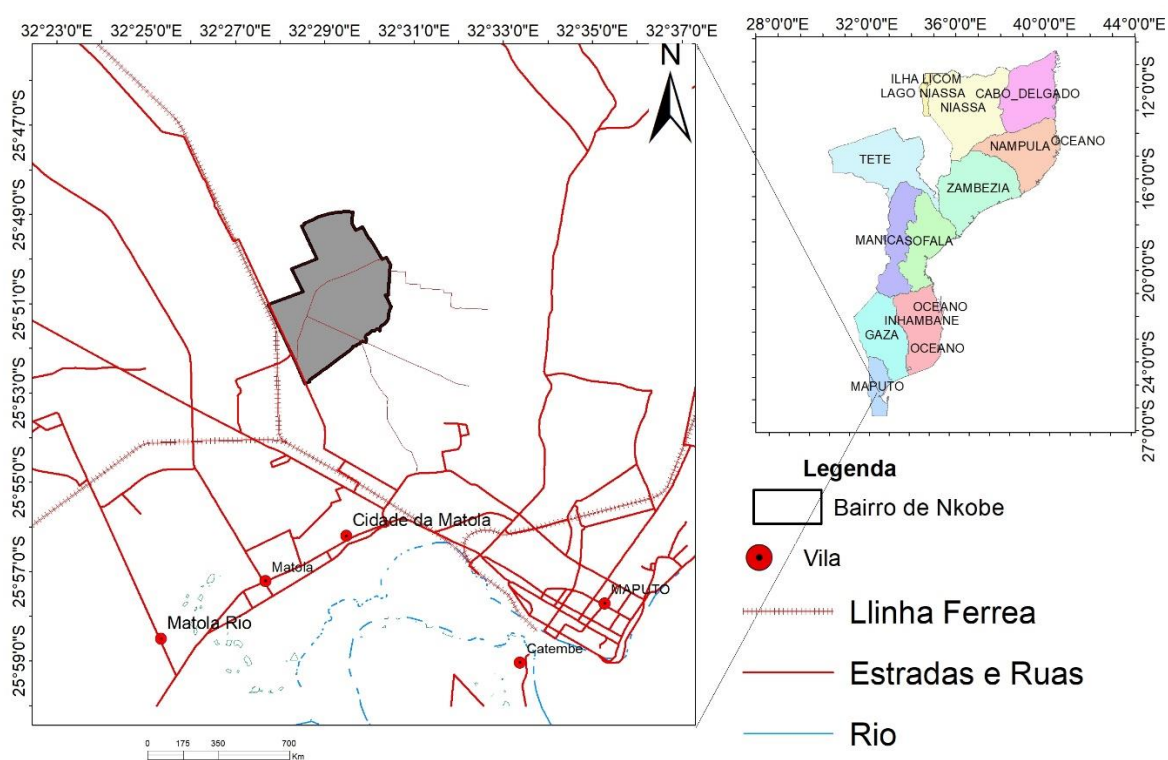


Figura 2: Mapa de localização do bairro de Nkobe

3.1 Histórico e Contexto de Expansão

Em 2000, devido ao reassentamento da população afetada pela construção da estrada N4, uma parcela significativa dos indivíduos deslocados foi realocadas no bairro de Nkobe. Até aquele momento, Nkobe era uma região predominantemente rural, caracterizada pela

presença da população nativa e por actividades ligadas ao campo. Entretanto, a chegada dos novos residentes e a construção de uma estrada ligando Nkobe à Avenida Josina Machel impulsionaram a transformação da região. Esta mudança marcou o início da expansão do bairro, que gradualmente evoluiu de uma zona rural para uma área peri-urbana, com melhorias na infraestrutura e no acesso a serviços públicos (Nhabanga E. , 2013).

3.2 Estrutura Urbana e Infraestrutura

Segundo a estrutura do bairro, Nkobe actualmente é composto por 15 quarteirões e possui uma mistura de características rurais e suburbanas. No plano urbano do município da Matola, Nkobe é classificado como uma área peri-urbana, o que reflete sua condição de transição entre o rural e o urbano. Ao longo dos anos, o bairro recebeu diversas infraestruturas típicas desse tipo de região, incluindo:

- Segurança Pública: Um posto policial que assegura a proteção dos residentes;
- Educação e Saúde: Escolas primárias e secundárias, além de um posto de saúde que atende a demanda local;
- Serviços Básicos e Comerciais: Postos de abastecimento de combustíveis, caixas electrónicas (ATMs), centros comerciais, além de fornecimento de água, eletricidade e serviços de recolha de resíduos. No entanto, a recolha de resíduos ainda é insuficiente e enfrenta desafios, sendo realizada apenas duas vezes por semana em cada zona do bairro.

3.3 Desenvolvimento Económico e Comercial

Económicamente, Nkobe tem experimentado um desenvolvimento considerável, especialmente nos sectores de comércio local e prestação de serviços. Pequenos comércios e mercados foram estabelecidos para atender às necessidades diárias da comunidade, o que reflete a crescente urbanização e diversificação da economia local. Mesmo assim, o crescimento contínuo do bairro tem gerado desafios, principalmente em

relação à expansão da infraestrutura e à oferta de serviços públicos para acomodar a população em ascensão.

3.4 Problemas de Expansão e Desafios Ambientais

Segundo a estrutura do bairro, a rápida expansão de Nkobe trouxe consigo diversos desafios, especialmente no que diz respeito às questões ambientais e de infraestrutura. Um dos principais problemas enfrentados é a ocorrência de enchentes durante a estação chuvosa, o que causa transtornos consideráveis aos moradores e ao tráfego local. Além disso, a gestão inadequada de RSU tornou-se um problema persistente. A ausência de contentores adequados e a frequência limitada de recolha têm resultado na proliferação de focos ilegais de lixo, prejudicando a qualidade de vida da população.

Conforme relatado pelo sector de salubridade do posto administrativo da Machava, a recolha de resíduos ocorre apenas duas vezes por semana em cada área do bairro, o que não é suficiente para atender à crescente demanda. Esse cenário destaca a necessidade de investimentos em infraestrutura de gestão de resíduos e no aumento da frequência dos serviços de recolha.

3.5 Crescimento Populacional

O bairro de Nkobe também passou por um crescimento populacional expressivo nos últimos anos. De acordo com o censo de 2007, Nkobe tinha uma população de 8 038 habitantes. Dez anos depois, em 2017, o bairro registrou um aumento significativo, com uma taxa de crescimento de 14%, tingindo um total de 28 552 habitantes. Este aumento populacional exerce pressão sobre a infraestrutura existente, aumentando a necessidade de serviços públicos e a expansão da rede de infraestrutura básica.

4 METODO E MATERIAS

A componentes prática do trabalho incluiu a realização de entrevista à população, e a realização de campanhas de caracterização dos RSD em diversas residências no bairro de NKobe.

4.1 Descrição da Amostra

A amostra deste estudo é composta por indivíduos residentes no quarteirão 2 do bairro de Nkobe, com níveis educacionais que variam do básico ao superior. A selecção dessa amostra foi estrategicamente fundamentada em sua representatividade significativa dos habitantes do bairro, sendo fundamental para a recolha de dados sobre a percepção da gestão de RSU. Esta percepção foi determinante para o desenvolvimento de uma proposta de valorização dos resíduos gerados na área.

4.1.1 Critérios de Selecção e Método de Amostragem

Durante a etapa da entrevista, foi exigida a participação do representante da residência presente no momento, com idade mínima de 15 anos, assegurando assim a legitimidade na aceitação do estudo pela residência e a obtenção de respostas mais precisas e coerentes em relação às questões formuladas. Foram excluídos do estudo entrevistas com menores de 15 anos e aos funcionários domésticos, uma vez que estes, em geral, não possuem autonomia para autorizar a realização de pesquisas na residência.

A amostragem por zona, também conhecida como *Cluster Sampling*, é uma técnica de amostragem que se caracteriza pela selecção de grupos ou *clusters* em vez de indivíduos isolados. Essa abordagem é especialmente útil em estudos de grande escala, onde a recolha de dados pode ser dispendiosa ou logisticamente complexa. Figura 3 ilustra o momento da recolha de dados, onde uma munícipe está respondendo as questões preparadas para a entrevista. Essa interação foi fundamental para compreender o nível de percepção da comunidade sobre a gestão de resíduos. Durante a entrevista, foi explorando questões que abrangem não apenas a percepção do cidadão sobre o sistema de gestão de

resíduos, mas também as práticas que ele adota em sua residência. Esse aspecto é crucial, pois a forma como os munícipes gerenciam seus resíduos pode influenciar directamente a eficácia das políticas públicas na área.

Além disso, as respostas permitiram identificar padrões de comportamento, desafios enfrentados e possíveis aspectos de melhoria nas estratégias de sensibilização e educação ambiental.



Figura 3: Registro das resposta feita no processo de o levantamento do nível de percepção da população sobre a GRS

Após a entrevista, cada munícipe representante formalizou seu comprometimento com a pesquisa por meio da assinatura na folha de registro. Este acto de assinatura validou a concordância explícita com a realização da pesquisa em suas respectivas residências. A formalização deste comprometimento foi crucial para garantir a integridade ética do estudo,

assegurando que todos os participantes estejam cientes dos objectivos da pesquisa. Além disso, essa prática contribui para a transparência e a confiança entre os pesquisador e os participantes.



Figura 4: Assinatura do entrevistado/a que confirma a permissão para analisar os RS

Para uma análise mais detalhada do estudo, foi realizado o mapeamento de todas as residências incluídas no processo de avaliação sobre o nível de percepção em relação à gestão de resíduos sólidos. Na Figura 5, as residências participantes estão indicadas por pontos amarelos, permitindo uma visualização clara da distribuição geográfica dos locais pesquisados e facilitando a compreensão dos dados recolhidos sobre a percepção da população quanto ao tema.



Figura 5: Mapa das residências que estiveram envolvidas no estudo

4.1.2 Características da Amostra

Os resultados da entrevista, conforme ilustrado no gráfico da Figura 6, revelam que a idade média dos entrevistados foi de 34 anos. Observa-se que 80% dos participantes eram do sexo feminino, enquanto 20% pertenciam ao sexo masculino. Essa discrepância de gênero pode ser atribuída à dinâmica socio-cultural predominante em Moçambique, onde é comum que os homens desempenhem funções laborais fora do lar, enquanto as mulheres ficam responsáveis pelas tarefas domésticas e pela gestão do ambiente familiar.

As entrevistas ocorreram durante os dias úteis da semana, de segunda a sexta-feira, o que pode ter influenciado o perfil demográfico dos entrevistados, uma vez que a disponibilidade das mulheres para participar da pesquisa é maior nesses dias. Além disso, outro aspecto significativo identificado foi a média de agregados familiares de 4 indivíduos, o que reflete com precisão a estrutura demográfica típica da comunidade analisada. Essa média fornece uma visão sobre a configuração familiar na região.

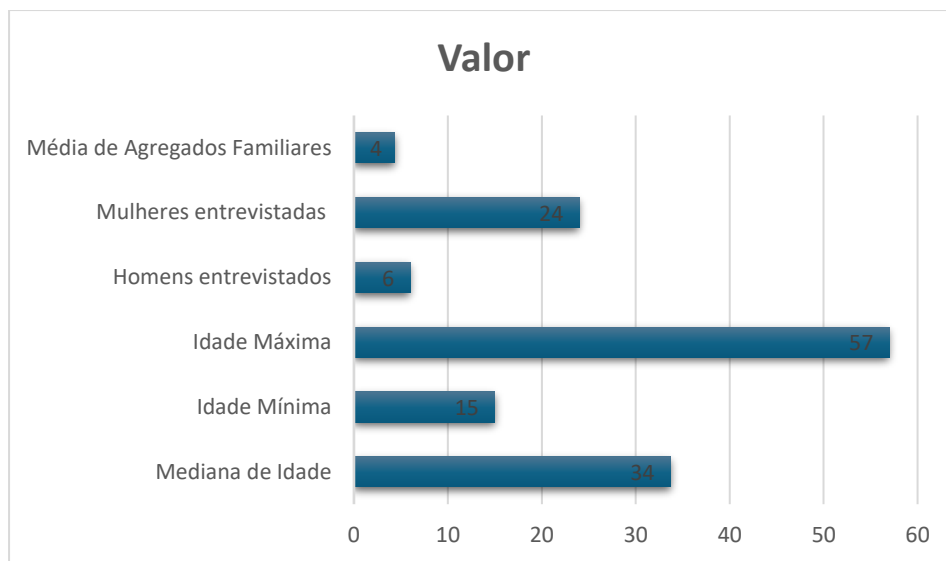


Figura 6: Gráfico de dados gerais da amostra

A análise do perfil socio-económico dos entrevistados é um componente crucial para compreender as dinâmicas de percepção e comportamento em relação à gestão RSU no bairro de Nkobe. Este perfil abrange diversas características demográficas, como idade, gênero, nível de escolaridade e ocupação, que são fundamentais para elucidar as motivações e barreiras que os munícipes enfrentam ao lidar com a gestão de resíduos em suas residências.

Dentre os aspectos mais relevantes, destaca-se o nível acadêmico dos participantes, que foi classificado em três categorias: básica, média e superior. Essa classificação possibilita uma análise mais detalhada sobre o impacto da escolaridade na percepção dos entrevistados em relação à gestão de resíduos. Estudos anteriores indicam que o nível de educação pode influenciar de forma significativa a compreensão dos indivíduos em relação as questões ambientais, incluindo a relevância da separação de resíduos, práticas de reciclagem e valorização de materiais.

A relação entre a educação e a percepção ambiental é particularmente importante, pois indivíduos com maior escolaridade tendem a ter um entendimento mais aprofundado dos conceitos de sustentabilidade e gestão de resíduos. Eles podem estar mais cientes das implicações ambientais de suas ações diárias e mais dispostos a adotar práticas que

minimizem o impacto ambiental, como a redução da geração de resíduos e a promoção da reciclagem.

Assim, o gráfico representado na Figura 7 auxilia a compreender o perfil socio-económico e educacional dos munícipes de Nkobe. Os dados são essenciais para identificar as percepções sobre a gestão de resíduos, mas também para desenvolver intervenções e programas educacionais que abordem as lacunas de conhecimento e incentivem práticas mais sustentáveis na comunidade. Essa abordagem orientada por dados permitirá que as iniciativas sejam mais eficazes e que os moradores se tornem agentes activos na melhoria da gestão de resíduos em suas residências



Figura 7: Nível de escolaridade dos entrevistados

A ocupação profissional dos entrevistados foi investigada para identificar as diferentes actividades laborais desempenhadas e como essas ocupações podem estar associadas às práticas de gestão de resíduos no âmbito domiciliar. A análise desses dados forneceu uma visão mais ampla e detalhada sobre o contexto social e o nível de vida económico, permitindo uma compreensão mais profunda das dinâmicas que influenciam a gestão de RSU na comunidade estudada.

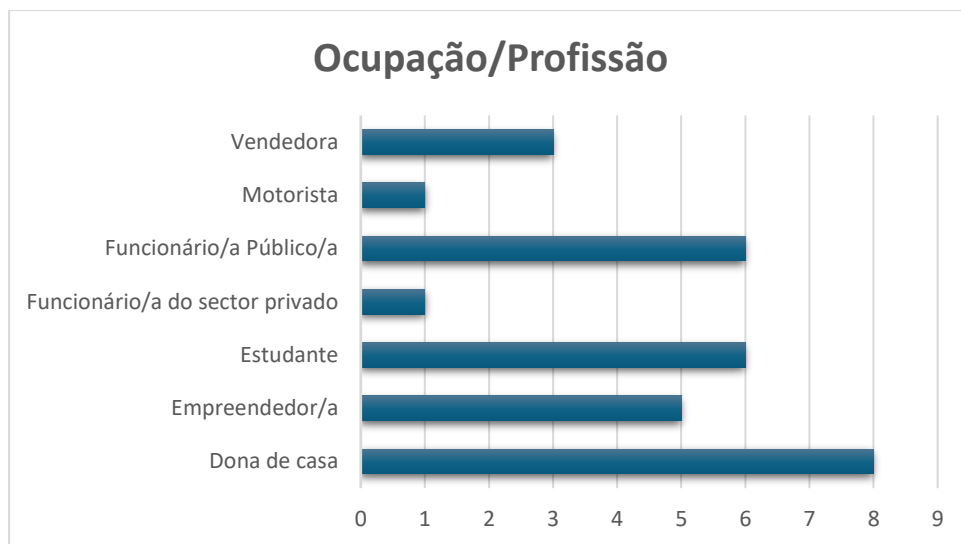


Figura 8: Ocupação/profissão dos entrevistados

4.1.3 Avaliação da Percepção Comunitária sobre a GRS

Feita a recolha dos dados pessoais e a análise socio-demográfica dos participantes, foi realizada a entrevista sobre aspectos ligados a gestão dos RSD, cujo modelo se encontra em Anexo 2, com o objectivo de avaliar o nível de percepção da população em relação à gestão dos resíduos gerados. As primeiras perguntas foram elaboradas em formato aberto, seguidas de questões com respostas fechadas.

As questões abertas tinham como objectivo explorar o entendimento dos entrevistados sobre os conceitos de resíduos/lixo, gestão e tratamento de resíduos na comunidade. As respostas indicaram que, apesar da informalidade em algumas respostas, os entrevistados demonstraram um conhecimento consistente sobre a gestão de resíduos, frequentemente associando-a a práticas como o descarte correcto em recipientes específicos (baldes, contentores, covas, sacos, incineração, enterrar, etc.), além de mencionarem a reciclagem de materiais plásticos, metálicos e de vidro.

As questões de múltipla escolha permitiram uma análise mais aprofundada sobre a situação actual do bairro em relação à gestão de resíduos, fornecendo dados qualitativos essenciais para compreender as práticas e percepções dos munícipes

4.1.3.1 Benefícios do Sistema de Recolha

O gráfico representado na Figura 9, demonstra a proporção de residentes que acreditam que o sistema de recolha de resíduos atende adequadamente o bairro de Nkobe.

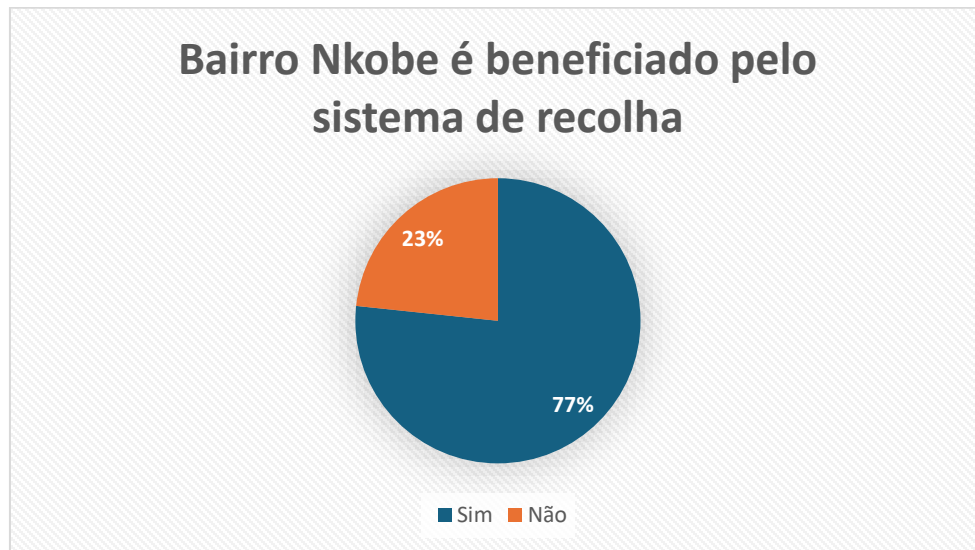


Figura 9: Análise das respostas sobre o sistema de recolha do bairro

Com base no gráfico, observa-se que 23% dos entrevistados afirmam que o bairro não é beneficiado pelo serviço de recolha de resíduos, enquanto 77% afirmam que o bairro é atendido, embora ressaltem que o serviço é ineficiente. Essa percepção pode ser justificada pela presença de focos de deposição de resíduos espalhados pelo bairro e pela ausência de contentores de lixo nas proximidades conforme a Figura 10, o que contribui para a sensação de insuficiência no serviço.



Figura 10: Foco de deposição de RSU próximo ao um Poste de transformação de corrente elétrica

No entanto, segundo o sector de Salubridade do Posto Administrativo da Machava o bairro faz parte do plano de gestão de resíduos do município. Em alguns dos focos de lixo observados, foi verificada a remoção dos resíduos e a colocação de placas de proibição de deposição de resíduos, conforme a Figura 11.



Figura 11: Focos de deposição de resíduos desativados e com placa de proibição de deposição

Além disso, em alguns meses, o município realiza a recolha porta a porta, o que demonstra um esforço, ainda que intermitente, de atender à comunidade.

Esses factores indicam que, embora o serviço de recolha de resíduos esteja presente, há desafios na sua implementação, como baixa taxa de cobertura de recolha dos RSU e a falta de infraestrutura, que impactam negativamente a percepção dos moradores sobre a eficiência do sistema

4.1.3.2 Avaliação do Sistema de Recolha de RSU pelos Residentes

O gráfico da Figura 12, ilustra a avaliação do sistema de recolha de RSU pelos residentes



Figura 12: Análise das respostas sobre a avaliação de recolha do bairro

Apesar de a opção "ótimo" estar disponível nas respostas, nenhum morador avaliou o serviço de recolha de resíduos como tal, e 60% avaliou como um sistema "ruim", o que é justificável com base na análise realizada anteriormente sobre o nível do sistema de gestão de RSU. Isso reflete uma insatisfação geral com a qualidade do serviço prestado, possivelmente devido à cobertura insuficiente e à falta de infraestrutura adequada, como contentores de lixo e recolha frequente

4.1.3.3 Condicionamento e Tratamento de Resíduos Residenciais

Os métodos de tratamento e deposição de resíduos nas residências englobam diversas práticas como enterrar, queimar, o descarte em pontos de deposição ilegais (focos de deposição) e o uso de contentores. Segundo os dados, 33% dos residentes optam por enterrar os resíduos em seus quintais, conforme a Figura 13.

Essa prática, embora possa ser considerada uma solução simples e de baixo custo pelos munícipes para a gestão de resíduos, levanta sérias preocupações ambientais e de saúde

pública. Também pode resultar na contaminação do solo e das águas subterrâneas, o que é particularmente preocupante em bairros como Nkobe que o abastecimento de água é proveniente de fontes subterrâneas. A contaminação dessas fontes pode comprometer a qualidade da água consumida pela população e gerando riscos à saúde.



Figura 13: Resíduos depositados na cova

Outra abordagem significativa na gestão de resíduos é a queima (incineração a céu aberto), adotada por 38% dos moradores. Essa prática é realizada por alguns munícipes diariamente ou uma a duas vezes por semana, variando conforme a quantidade de resíduos gerados e as preferências individuais dos moradores. A queima é frequentemente utilizada para eliminar uma variedade de materiais, incluindo plásticos filmes, papéis, têxteis sanitários e folhas de árvores.

Embora a queima dos resíduos seja uma solução rápida e eficaz para a redução do volume, ela levanta sérias preocupações ambientais e de saúde pública. A combustão de materiais,

especialmente plásticos e têxteis, pode liberar uma série de poluentes atmosféricos, incluindo dioxinas, furanos e outras substâncias tóxicas, que são prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente.



Figura 14: Momento em que um munícipe queimava o resíduos como forma de gestão

Além disso, muitos residentes adotam uma combinação dos métodos gestão como enterrar e queimar. Normalmente, os resíduos orgânicos são enterrados devido à sua natureza degradável, enquanto materiais não orgânicos, como plásticos e papéis, são queimados para reduzir seu volume e facilitar o descarte.

Para os residentes que possuem quintais pavimentados, a prática de enterrar resíduos não é viável. Nesse contexto, 22% dos moradores depositam seus resíduos em focos de deposição de resíduos ilegais mais próximo das suas residências.

Entre os residentes que dispõem de veículo pessoal, 7% optam por transportar os resíduos até os contentores localizados fora do bairro. Essa prática é frequentemente mais

conveniente para quem tem acesso a transporte e pode ajudar a manter o ambiente residencial mais limpo e organizado.

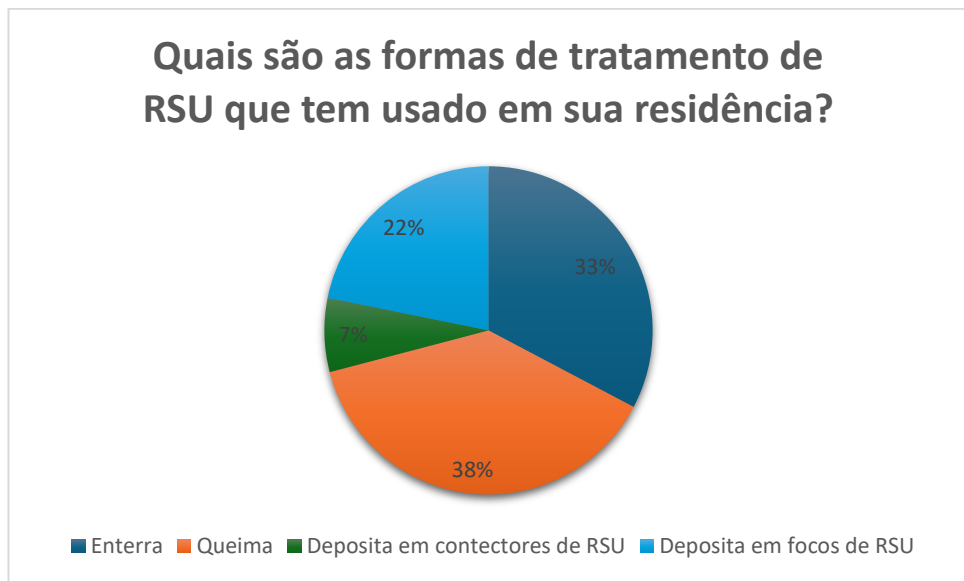


Figura 15: Análise das respostas sobre o sistema de gestão a nível domestico

Tipos de Materiais Reciclados e Reutilizados pelos Residentes

O gráfico da Figura 16, apresenta os tipos de materiais que os residentes têm reciclado ou reutilizado.

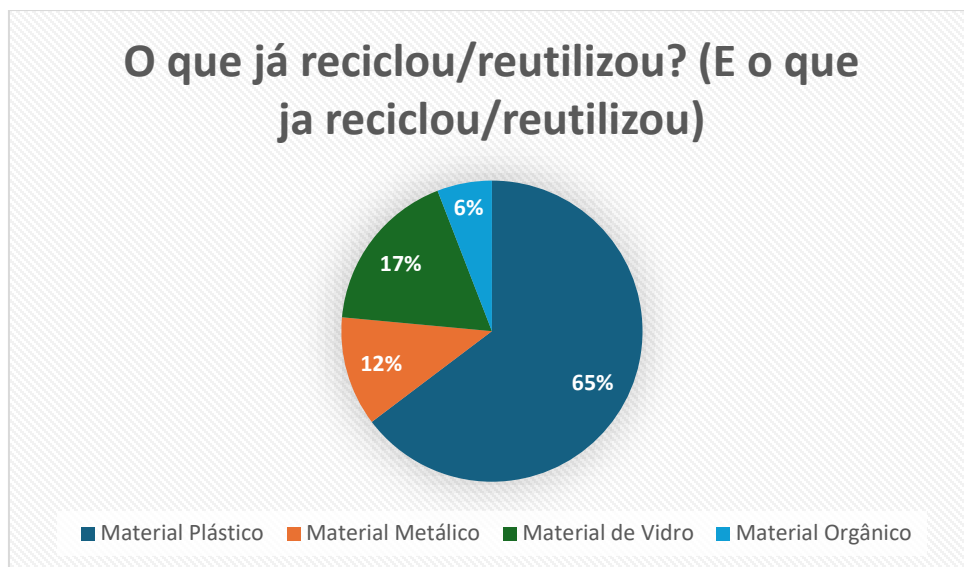


Figura 16: Análise das respostas sobre as formas de valorização implementados

Após compreender o nível de percepção dos moradores sobre o sistema de gestão de resíduos e a valorização desses resíduos, buscou-se aprofundar quais materiais os moradores mais valorizam, seja por meio da reciclagem ou da reutilização. As respostas colhidas revelaram que os plásticos, especialmente as garrafas PET, são os mais reciclados, representando 65% das práticas de valorização. Em seguida, vem o vidro com 17%, o metal com 12%, e os resíduos orgânicos com 6%.

Essas proporções podem ser justificadas pelo aumento do número de fábricas de reciclagem no município da Matola, o que tem incentivado tanto homens quanto mulheres a se envolverem na recolha e separação desses materiais para posterior comercialização. A reciclagem de metais, por exemplo, já é uma prática consolidada há anos, assim como a do vidro, que continua relevante.

Quanto aos resíduos orgânicos, a valorização ocorre principalmente como alimento para animais domésticos, como galinhas, patos, porcos e outros, aproveitando esses resíduos de forma prática localmente. Esse cenário demonstra um crescimento na conscientização e participação dos moradores na gestão de resíduos, impulsionado tanto por oportunidades económicas quanto por uma maior disponibilidade de infraestrutura de reciclagem na região.

4.1.3.4 Nível de Conhecimento dos Residentes sobre Compostagem

Inicialmente, este estudo tinha como objetivo propor uma medida de valorização de resíduos orgânicos por meio da compostagem doméstica.

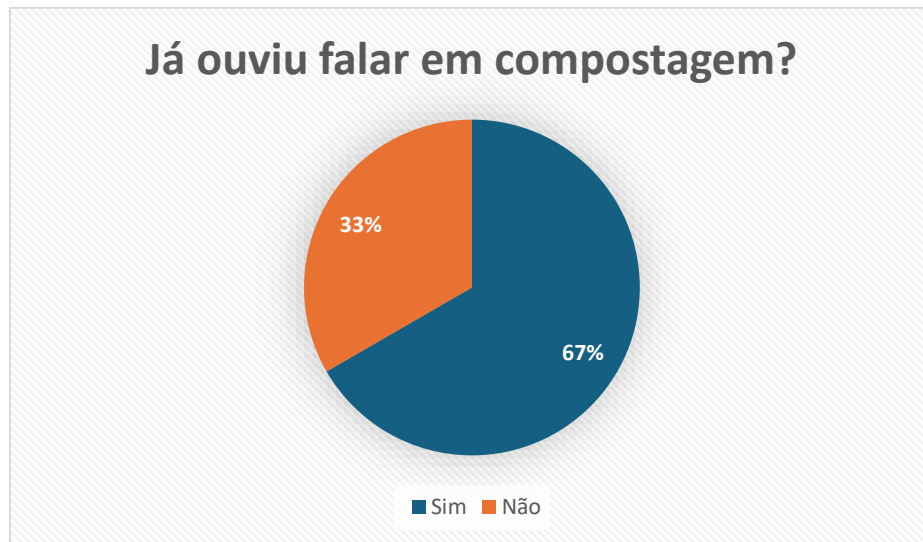


Figura 17: Análise das respostas sobre a implementação da compostagem

Apesar de 67% dos participantes terem relatado já ter ouvido falar sobre compostagem e 83% terem manifestado aceitação em implementar a compostagem doméstica, houve uma desistência total no envolvimento da pesquisa após a construção das primeiras composteiras conforme a figuras em Anexo 3.

Essa situação ressalta algumas questões importantes relacionadas à motivação e ao envolvimento comunitário em iniciativas de sustentabilidade. Embora a maioria dos participantes demonstrasse conhecimento sobre compostagem e uma disposição inicial para participar, a falta de incentivos ou compensações tangíveis acabou gerando desinteresse em participar da pesquisa. A expectativa de recompensa por parte dos participantes pode refletir a realidade econômica e as dinâmicas sociais presentes na comunidade, onde os moradores podem estar mais inclinados a participar de atividades que ofereçam benefícios diretos.

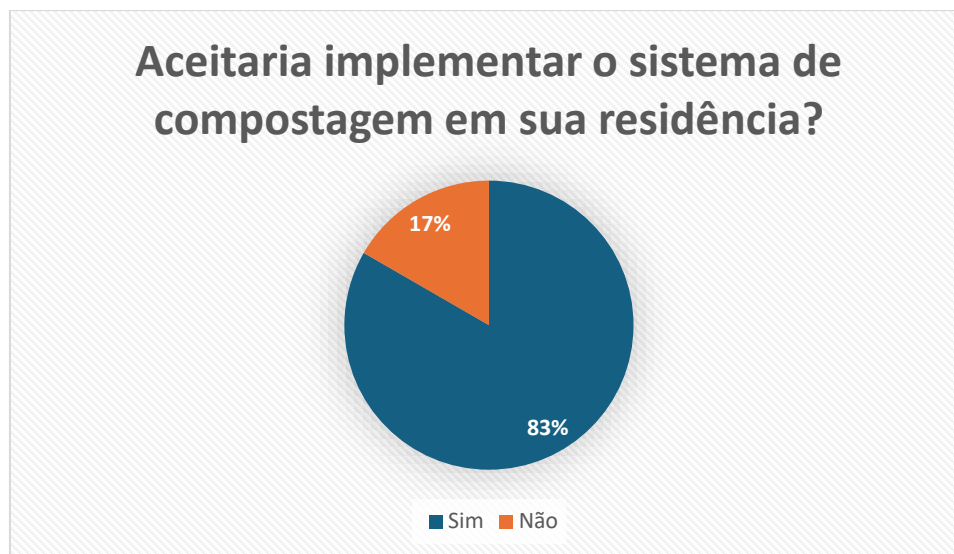


Figura 18: Análise das respostas sobre a aceitação

Esse obstáculo significativo levou a uma mudança na direcção do estudo, que precisou ser redefinido para outra perspectiva, definidas nos objetivos específicos.

4.2 Campanha de Caracterização dos Resíduos

4.2.1 Procedimentos de recolha de Dados

O estudo foi planeado para cobrir um período de cinco dias para cada residência, com o objectivo de garantir uma amostra representativa e capturar as variações diárias na geração de resíduos. Esta abordagem permitiu uma análise detalhada das gerações diárias na produção de resíduos, proporcionando uma visão abrangente das práticas de gestão de resíduos ao longo da semana.

Esta periodicidade possibilitou a recolha de informações detalhadas sobre a geração de resíduos em diferentes dias da semana, permitindo a identificação de padrões e variações na produção de resíduos. As visitas para a caracterização dos RSD foram agendadas de acordo com a disponibilidade de cada residência. Em alguns casos, as visitas foram realizadas no final do dia, por volta das 17 horas, quando os moradores estavam de volta do trabalho ou da escola. Em outras residências, a recolha ocorreu pela manhã, quando um

representante da casa estava presente. Essa flexibilidade no agendamento garantiu a recolha de dados em horários que refletissem com precisão os padrões de descarte dos residentes

4.2.1.1 Instrumentos e Técnicas de Análise

Durante a campanha de caracterização e análise de resíduos, foram utilizados os seguintes equipamentos e ferramentas, cada um com uma função específica para garantir a eficiência e a precisão do processo:

- Saco 50 kg: utilizado para fornecer uma superfície limpa e prática para a triagem dos resíduos. O saco foi cortado ao meio e usado como lona para a triagem dos resíduos;
- Sacos Pretos para Resíduos: destinados ao acondicionamento dos resíduos gerados no espaço de 24 horas, assegurando que os materiais fossem adequadamente armazenados.
- Balança: utilizada para medir a quantidade precisa de resíduos em cada categoria, garantindo a obtenção de dados quantitativos exatos.
- Dois Baldes (15 litros e 25 litros): empregados para a pesagem e separação dos resíduos de acordo com suas categorias. O balde maior foi usado para volumes maiores e o menor para volumes menores ou categorias específicas.
- Luvas: fornecidas para proteção durante o manuseio dos resíduos, garantindo segurança e higiene durante o processo.
- Máscara: usada quando necessário para proteger contra possíveis partículas e odores dos resíduos, mantendo a saúde dos participantes.
- Bota com Sola de Aço: garantia proteção adicional ao manusear resíduos potencialmente perigosos durante a recolha e triagem dos resíduos.
- Caneta e Agenda: utilizadas para registrar as o peso das categoria de resíduos e as observações durante o processo.

4.2.1.2 Triagem

Dado que nenhum morador aceitou separação dos resíduos em diferentes baldes, foi adotada uma estratégia alternativa que consistiu em disponibilizar um saco plástico para cada residência, para armazenar todos os resíduos domésticos gerados, foi utilizado como um recipiente único.



Figura 19: Preparação para a triagem do resíduos

Durante o processo de caracterização dos resíduos, a primeira etapa envolveu a pesagem inicial do balde vazio para determinar sua tara, conforme a Figura 21. Essa medida é fundamental para garantir a precisão da pesagem dos resíduos posteriormente, permitindo descontar o peso do recipiente e obter exclusivamente o peso dos resíduos em análise. Após a determinação da tara, iniciou-se a separação dos resíduos em suas respectivas categorias a cada categoria conforme a Figura 19, foi então colocada no balde e pesada individualmente, a fim de determinar a quantidade específica de resíduos em cada tipo.

Essa etapa de pesagem possibilita obter dados precisos sobre a quantidade de resíduos gerada em cada categoria, o que é crucial para a análise quantitativa. Com as pesagens realizadas em baldes de 15 litros e de 25 litros, visou facilitar a recolha, minimizar a

resistência dos moradores e, ao mesmo tempo, garantir a possibilidade de realizar uma análise subsequente dos resíduos.

Antes de iniciar o processo de triagem, foi realizada a pesagem dos resíduos produzidos no intervalos de 24 horas conforme a Figura 20, o que permitiu registrar a quantidade de lixo gerada por cada residência.

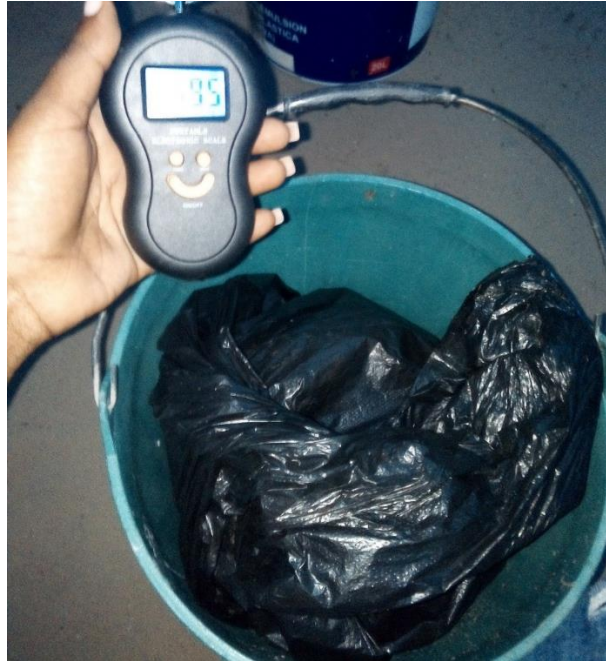


Figura 20: Pesagem dos resíduos produzidos no intervalos de 24 horas

Para o processo de triagem e caracterização dos resíduos, o saco foi estendido sobre uma superfície no chão. Essa abordagem garantiu uma área de trabalho organizada e prática, onde os resíduos foram depositados e separados em diferentes categorias. O uso do próprio saco como base para a triagem facilitou a visualização do conteúdo e possibilitou, como bem ilustra a Figura 19.



Figura 21: retirada da tara do balde Figura 22: Registo da pesagem de diferentes frações de resíduos

Os resíduos, após serem separados conforme suas respectivas categorias, foram depositados no sistema de acondicionamento da residência. Foi cuidadosamente assegurado que os sacos plásticos utilizados para a recolha dos resíduos estivessem completamente vazios e prontos para serem reutilizados no dia subsequente, dentro de um prazo máximo de 24 horas, o que contribui para a eficiência do sistema e minimiza o desperdício de recursos.

Como resultado do processo de triagem, foi possível identificar e obter diferentes frações dos resíduos, cada uma representando uma categoria específica, como resíduos orgânicos, recicláveis, não-recicláveis, entre outros. Essas frações estão ilustradas conforme as figuras abaixo, demonstrando de maneira visual a classificação e quantificação dos resíduos obtidos.



Figura 23: Resto de comida



Figura 24: Resíduos de jardim



Figura 25: Têxteis sanitários



Figura 26: variedades de plásticos



Figura 27: Plástico PET



Figura 28: Finos/inertes

4.2.1.3 Processamento dos dados

Os dados recolhidos durante o processo de triagem foram registrados na agenda conforme a Figura 22, e posteriormente registrados e analisados utilizando a ferramenta Microsoft Excel. Esta ferramenta foi fundamental para o lançamento sistemático dos dados e para a análise detalhada das frações e categorias de resíduos gerados por cada residência.

No Excel, os dados foram organizados em planilhas, facilitando a visualização e a manipulação das informações, conforme uma parte da tabela em Anexo 7. A análise subsequente permitiu identificar padrões na composição dos resíduos, evidenciando a proporção de cada tipo de resíduo gerado. Esta análise detalhada forneceu *insights* valiosos sobre a gestão de resíduos no bairro, destacando áreas que necessitam de melhorias e ajustando as estratégias de gestão e valorização dos resíduos. O uso do Excel possibilitou uma análise eficiente e uma interpretação clara dos dados, contribuindo para a formulação de recomendações mais eficazes para a gestão de resíduos no futuro.

5 RESULTADOS DA CAMPANHA DE CARATERIZACAO

5.1 Fases da Campanha

Inicialmente, foram selecionadas 30 residências representativas dentro da área de estudo. Cada dia, foram visitadas cinco residências para a recolha e triagem dos resíduos gerados. Esta abordagem permitiu a obtenção de uma amostra representativa e a observação dos padrões de geração de resíduos em um ciclo completo de 24 horas.

5.1.1 Classificação dos Resíduos

Após a recolha, os resíduos foram classificados nas seguintes categorias:

- Resíduos Orgânicos:
 - Restos de comida
 - Resíduos de jardim
- Papel e Papelão
- Plástico:
 - Plástico PET
 - Plástico filme e de embalagem
- Têxteis Sanitários
- Madeira
- Metal
- Finos/Inertes
- Outros: incluindo resíduos perigosos e itens não classificados nas categorias anteriores, como: agulhas e lâminas, medicamentos, pilhas e excrementos de animais.

Cada categoria de resíduo foi cuidadosamente analisada para determinar tanto a quantidade gerada quanto os padrões de descarte associados. O gráfico da Figura 29, ilustra a percentagem de cada fracção de resíduos, oferecendo uma visão clara das proporções relativas de cada tipo de resíduo gerado.

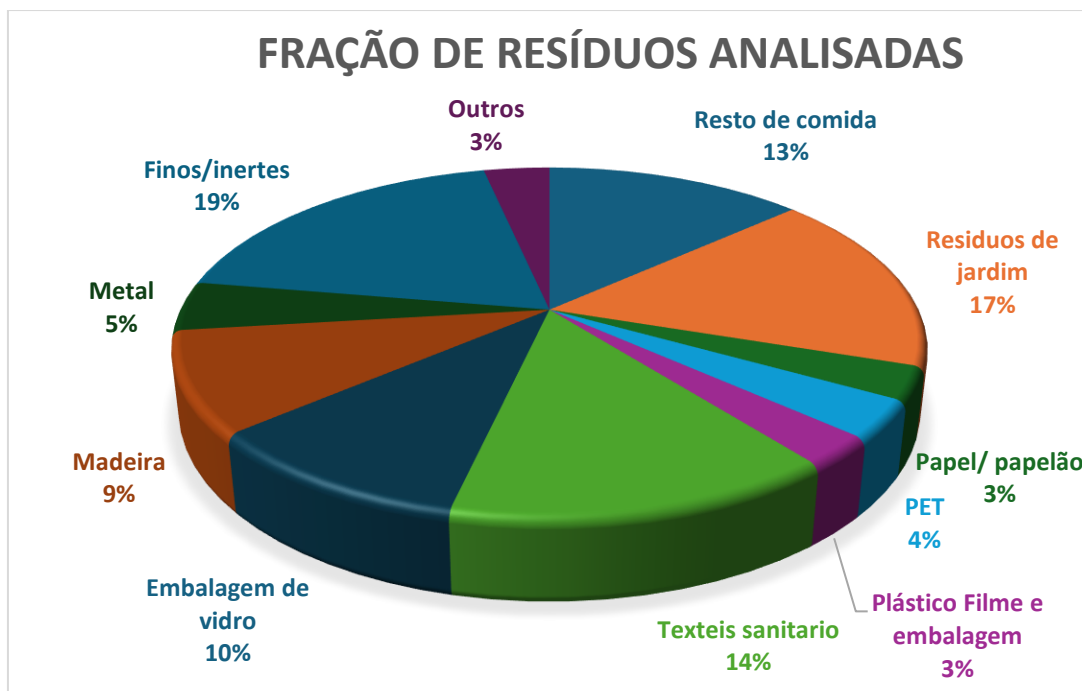


Figura 29: Gráfico com a fracção de resíduos analisadas do estudo de NKobe

A caracterização dos resíduos sólidos é uma etapa fundamental para o entendimento da composição e geração dos resíduos, possibilitando a elaboração de estratégias de gestão e de destino final adequadas. Através da campanha de caracterização, foram identificadas as seguintes fracções de resíduos:

Tabela 8: Análise do potencial de valorização de cada fração de resíduos do estudo de Nkobe

Fração de Resíduos	Percentual (%)	Descrição	Potencial de Valorização
Restos de comida	13%	Inclui restos de alimentos dos pratos e preparo das refeições.	Compostagem, produção de biogás
Resíduos de jardim	17%	Compreende folhas de árvores, galhos e aparas de relva.	Compostagem, geração de adubo orgânico
Papel e papelão	3%	Constituída por papel de escritório e de caderno, embalagens, e outros materiais de papel.	Reciclagem
PET	4%	Embalagens de PET recicláveis que podem ser reutilizadas na produção de novos produtos.	Reciclagem
Plástico filme e embalagens	3%	Plásticos de baixa densidade, como sacolas e embalagens finas, reutilizados pelos residentes.	Reutilização e valorização energética
Têxteis sanitários	14%	Inclui fraldas descartáveis, absorventes e lenços humedecidos.	-
Embalagem de vidro	10%	Frequentemente reutilizada para armazenar produtos como: piri-piri caseiro, óleos de cozinha usados e outros produtos culinários. Incluído garrafas de bebidas alcoólicas não retornáveis.	Reutilização e reciclagem
Madeira	9%	Composta por troncos, fragmentos de pallets e cascas de coco.	Valorização energética local
Metal	5%	Inclui alumínio e aço, que são altamente recicláveis.	Fonte de renda através da reciclagem
Finos/inertes	19%	Compreende areia, pedras e resíduos orgânicos finos.	-
Outros	3%	Engloba materiais diversos considerados irrelevantes para o estudo.	Sem potencial significativo de valorização

A análise da composição dos resíduos demonstra que uma grande parte é composta por materiais orgânicos (30%, somando resto de comida e resíduos de jardim), que possuem um elevado potencial para processos de valorização como: compostagem e digestão anaeróbica. A fração reciclável (como papel, papelão, PET, vidro e metais) representa aproximadamente 25%, evidenciando a importância de programas de reciclagem e separação na fonte.

5.2 Comparação dos resultados

A campanha de caracterização dos resíduos realizada em Nampula, foi conduzida em dois âmbitos distintos: o nível doméstico e o urbano. Esta abordagem permitiu uma análise abrangente dos resíduos gerados tanto em residências quanto em áreas públicas, proporcionando uma visão mais completa das práticas de geração e descarte de resíduos na região.

Os resultados obtidos demonstram diferenças significativas na composição e nas características dos resíduos entre os dois contextos avaliados, conforme a figura em Anexo 6. No ambiente doméstico, há uma predominância de resíduos orgânicos e recicláveis, como restos de comida, papel, plástico e vidro. Ao comparar a campanha de caracterização de resíduos realizada em Nkobe com a de Nampula, é importante observar que Nkobe está localizado em uma zona peri-urbana, enquanto o estudo realizado em Nampula foi feita em zona urbana.

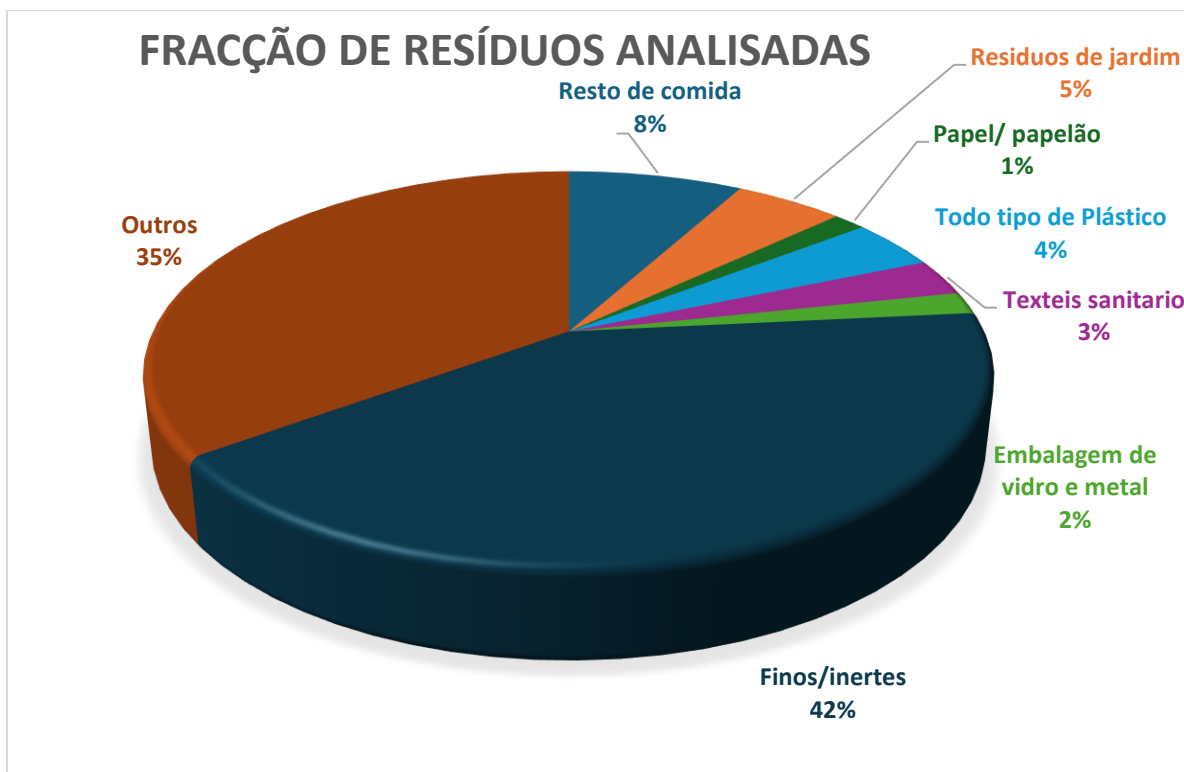


Figura 30: Gráfico com a fracção de resíduos analisadas do estudo de Nampula

Além disso, a campanha em Nkobe apresentou uma análise mais detalhada, com uma segmentação mais precisa das frações de resíduos, incluindo mais subcategorias que não foram abordadas no estudo de Nampula. As frações analisadas no estudo de Nampula estão detalhadas no gráfico da Figura 30.

Com os dados de Nkobe e Nampula foi possível comparar as frações e apresentar possíveis justificativas das diferenças entre o estudo de Nacala e de Nkobe.

Tabela 9: Comparação das fracções de Nkobe e Nacala

Fracção de Resíduos	Nkobe (%)	Nacala (%)	Diferença (%)	Observações Técnicas	Justificações possíveis
Restos de Comida	13%	8%	5%	Maior percentual de resíduos orgânicos de origem alimentar em Nkobe comparado a Nacala.	Nkobe, sendo uma área peri-urbana, apresenta maior prática de horta doméstica e acesso a produtos locais. Em Nacala, uma zona suburbana, há menor produção de resíduos alimentares devido à menor prática agrícola.
Resíduos de Jardim	17%	5%	12%	Predominância de resíduos de poda e vegetação em Nkobe, relacionados à presença de áreas verdes ao redor das residências.	Nkobe, como uma área peri-urbana, mantém um maior número de árvores e plantas nos quintais, resultando em maior geração de resíduos de jardinagem. Em Nacala, o processo de urbanização levou à redução significativa das áreas verdes.
Papel e Papelão	3%	0.5%	1,5%	Quantidade limitada de resíduos de papel e papelão em ambas as áreas, mas ligeiramente maior em Nkobe.	A presença de papel e papelão em Nkobe é parcialmente diminuída pelo reaproveitamento no processo de ignição do carvão vegetal. Esperava-se maior presença em Nacala, visto o acesso a instituições educacionais e serviços privados e escritórios.
Plásticos, PET e Outros	1,90%	6%	4,10%	Fracção de plástico, especialmente PET, sujeita à recolha informal para reciclagem em ambas as áreas.	Áreas mais urbanizadas, como Nacala, têm maior actividade de reciclagem. A diferença pode ser atribuída ao volume de recolha por catadores em Nkobe, resultando em uma fracção ligeiramente superior.
Vidro e Metal	13,20%	15%	1,80%	Vidro e metal foram considerados separadamente em Nkobe, mas não em Nacala, prejudicando a comparabilidade dos dados.	Vidro e metal são altamente recicláveis. A diferença observada é atribuída à separação detalhada realizada em Nkobe e à reutilização de vidro para armazenamento de produtos domésticos.
Finos e Inertes	19%	42%	23%	Observa-se uma discrepância na quantidade de materiais inertes devido à diferença metodológica entre os dois estudos.	Em Nacala, a metodologia de recolha e análise diária e a presença de resíduos mais antigos levaram à decomposição dos resíduos orgânicos, aumentando a quantidade de fracções de finos. Em Nkobe, resíduos foram recolhidos e analisados antes de iniciar a actividade significativa de decomposição.
Outros	3%	35%	32%	Maior presença de resíduos classificados como "outros" em Nacala, englobando resíduos perigosos e biodegradáveis variados.	A categoria "outros" em Nacala incluiu uma variedade de resíduos que não foram detalhados em Nkobe, contribuindo para um percentual superior de fracção não especificada.

6 POTENCIAL DE VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS

6.1 Projecção Populacional e Geração de Resíduos

O estudo em questão tem como objectivo comprovar que o bairro de Nkobe possui potencial significativo para o dimensionamento de um centro de compostagem descentralizado, focado na valorização da fração orgânica gerada nas residências locais. A instalação de tal centro permitiria o aproveitamento eficiente dos resíduos orgânicos, como restos de comida e resíduos de jardinagem, contribuindo para a redução do volume de resíduos destinados às lixeiras e promovendo a produção de compostos orgânicos de alta qualidade, que pode ser utilizados na agricultura local.

Com base na análise dos dados populacionais e nas projecções de crescimento, foi possível estimar a quantidade potencial de resíduos que poderá ser valorizada no futuro. Utilizando a taxa de crescimento anual observada entre 2007 e 2017, de 14%. Uma vez que o crescimento populacional tem vindo a estabilizar, foi considerado neste estudo uma taxa anual de 3.40%, conforme a estimativa para o município da Matola para o ano de 2024 (Macrotrends, 2024). Esse crescimento populacional é directamente proporcional a geração de resíduos orgânicos gerados na área.

Sendo que a produção per capita dos resíduos sólidos domésticos foi estimado em uma media de $0.34 \text{ kg/habitante/dia}$, que revela ser a mesma capitação estimada no estudo de Nampula. E a produção dos resíduos orgânicos foi estimada em $0,04 \text{ kg/habitante/dia}$, no estudo realizado em Nampula a capitação foi estimada em $0,05 \text{ kg/habitante/dia}$ o que valida os dados o presente na presente pesquisa. Na Tabela 10, detalha a produção percapita de cada residência que este envolvida no estudo. Que foi determinado com base na Equação 3.

Tabela 10: Determinação da produção per capita

Residencia	Nº de agregados familiares	produção média diaria	Produção per capita
1	5	1,739	0,35
2	4	2,321	0,58
3	6	3,619	0,60
4	3	0,778	0,26
5	5	1,203	0,24
6	7	2,010	0,29
7	6	1,445	0,24
8	5	1,135	0,23
9	6	2,173	0,36
10	6	2,391	0,40
11	5	2,288	0,46
12	7	2,923	0,42
14	4	1,412	0,35
15	3	1,290	0,43
16	4	1,296	0,32
17	3	0,788	0,26
18	5	1,114	0,22
19	4	0,941	0,24
20	4	1,600	0,40
21	3	0,989	0,33
23	3	0,850	0,28
24	4	1,080	0,27
25	5	1,555	0,31
26	5	1,669	0,33
27	6	2,005	0,33
29	3	0,770	0,26
30	4	1,463	0,37

Com base nos cálculos feitos na ferramenta excel foi possível determinar a produção per capita dos RSD e a produção per capita RSO. A determinação da produção *per capita* de resíduos foi fundamental para calcular a quantidade total de resíduos gerados em todo o bairro e, em seguida, projectar a quantidade dos resíduos a serem gerados até o ano de 2032, conforme a Tabela 12.

Tabela 11: projeções dos resíduos gerados nas residências dentro de 10 anos

Projeções												
n	Dados de Base		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anos	2007	2017	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Demografia												
População (hab)	8 038	28 552	34 895	36 081	37 308	38 576	39 888	41 244	42 646	44 096	45 596	47 146
Taxa de crescimento populacional (Calculada)	14%											
Taxa de crescimento populacional (Estimada)	3,4%		3,4%	3,4%	3,4%	3,4%	3,4%	3,4%	3,4%	3,4%	3,4%	3,4%
Gestão de Resíduos												
Capitação média (kg/hab.dia)		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Resíduos orgânicos (kg/dia)		1 166	1 425	1 473	1 523	1 575	1 629	1 684	1 741	1 801	1 862	1 925
Resíduos orgânicos (t/dia)		1,2	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9
Resíduos orgânicos (t/ano)		426	520	538	556	575	594	615	636	657	680	703

Levando em consideração a dinâmica de geração de resíduos. É importante ressaltar que essa projeção abrangeu exclusivamente os RSO, deixando de fora outras frações que não são o foco da presente pesquisa.

O aumento populacional de Nkobe, que crescerá em 12 251 habitantes nos próximos dez anos, acarretará em uma expansão significativa da quantidade de resíduos produzidos. Esse crescimento evidencia a necessidade de uma infraestrutura para lidar com o aumento na geração de resíduos.

Actualmente, estima-se que o bairro de Nkobe produza 1,4 toneladas de resíduos orgânicos por dia, o que representa 30% do total de resíduos gerados pelas residências

Com o crescimento populacional estimado e mantendo a mesma média de produção per capita de resíduos orgânicos, foi projetada a quantidade de resíduos orgânicos para os próximos dez anos, atingindo aproximadamente 2 toneladas anuais em 2032.

6.1.1 Dimensionamento do Centro de Compostagem

Considerando que, numa fase inicial, nem todos os residentes irão aderir à separação dos resíduos na origem para valorizar os Resíduos Sólidos Orgânicos e os recicláveis, foram aplicadas taxas de captura que variam de 20% a 70%, aumentando gradualmente até atingir o máximo previsto de 70%, conforme indicado por (Luis F. Diaz, 2020). Conforme ilustrado na Tabela 12, no primeiro ano em que os RSO forem encaminhados para compostagem, a taxa de captura será de 20%, crescendo ao longo do tempo. Esse crescimento está condicionado às políticas municipais de gestão de resíduos e às estratégias que serão implementadas para alcançar o objectivo de captura dos resíduos.

Tabela 12: Projeções dos resíduos a serem encaminhados para um centro de compostagem

Projeções											
n		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anos	2017	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Resíduos orgânicos encaminhados para a compostagem (t/ano)											
Taxa de captura		20%	30%	40%	50%	60%	70%	70%	70%	70%	70%
Resto de comida		46	71	98	126	157	189	196	202	209	216
Resíduos de jardim		58	90	125	161	200	241	249	258	266	275
Total		104	161	222	287	357	430	445	460	476	492
Taxa de conversão dos resíduos em composto	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
Produção Composto (t/ano)		31	48	67	86	107	129	133	138	143	148

6.2 Quantificação do carbono biodegradável

De acordo com a Equação 7, foi possível quantificar o carbono que deixará de ser emitido durante o processo de compostagem e avaliá-lo em termos de metano que poderia ser gerado e liberado na atmosfera, utilizando a Equação 8. Para os resíduos de restos de alimentos, a quantificação foi baseada em uma média de 30% de DOC, enquanto para os resíduos de jardim essa média foi de 50%. A Tabela 13, ilustra a projeção do carbono que não será emitido, em função da quantidade de resíduos que será valorizada

Tabela 13: Quantidade de carbono biodegradável

Projeções										
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anos	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Quantidade de carbono biodegradável (t/ano)										
Resto de comida	14	21	29	38	47	57	59	61	63	65
Resíduos de jardim	29	45	62	80	100	120	125	129	133	138
Total	43	66	92	118	147	177	183	190	196	203
Potencial de metano gerado (t/ano)	57,0	88,4	121,9	157,5	195,5	235,8	243,8	252,1	260,7	269,5

Na Figura 31, esta representado o gráfico com a tendência do carbono biodegradável existente nos resíduos e o potencial de geração do metano dos resíduos encaminhados a compostagem condicionados as taxas de capturas previstas.

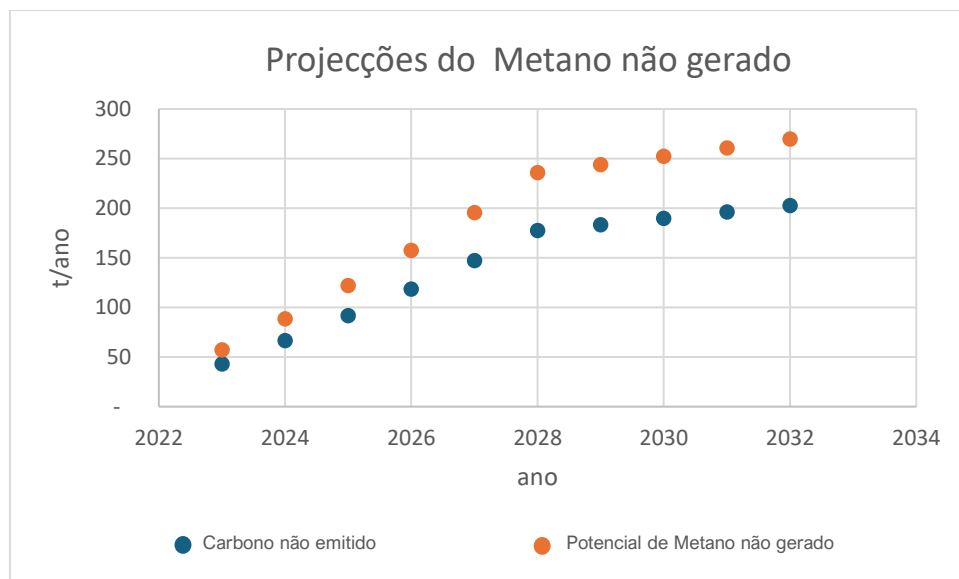


Figura 31: Projeções carbono e metano ao longo de dez anos

O gráfico traduz quanto mais resíduos forem encaminhado ao processo de compostagem, quantidades significativas de metano pode-se mitigar emitir, sendo que o metano que tem um potencial de 25 durante 100 anos de sobre a atmosfera contribuído para o aquecimento global em relação ao dióxido

O gráfico, não apenas representa a quantidade do metano que deixa de ser emitido, mas também demonstra o potencial em geração de crédito de carbono a partir do processo de, contribuindo significativamente para a redução dos gases de efeito estufa.

6.3 Proposta de Compostagem

Para a implementação de um sistema de compostagem no bairro de Nkobe, propõe-se o uso de composteiras feitas com *pallets* conforme a Figura 32. Essa abordagem é especialmente adequada para a região devido às características geológicas e climáticas locais, como o elevado lençol freático e a recorrência de inundações durante a época chuvosa. Essas condições tornam inviável a utilização de métodos tradicionais de compostagem em pilhas ou leiras diretamente no solo, pois a saturação do terreno e a presença constante de humidade podem comprometer a aeração do composto,

favorecendo a formação de maus odores e dificultando o processo de decomposição aeróbica.



Figura 32: Compostagem em pallets

O uso de *pallets* permite a criação de uma estrutura elevada que evita o contacto direto dos resíduos orgânicos com o solo, reduzindo assim o risco de contaminação por excesso de humidade e garantindo um ambiente mais controlado para o processo de compostagem. Com os *pallets*, é possível construir uma base estável que mantém os resíduos suspensos, favorecendo a circulação de ar e uma drenagem mais eficiente. Isso resulta em uma compostagem mais segura e eficaz, mesmo durante a época chuvosa.

Além de resolver os problemas mencionados, a compostagem com *pallets* oferece outras vantagens, conforme descrito na Tabela 3, da revisão bibliográfica. Além dessas vantagens, destacam-se também os seguintes aspectos

- Facilidade de montagem e manutenção: *Pallets* são materiais de fácil de obtenção local, podendo ser montados rapidamente e ajustados conforme necessário. Sua estrutura modular também facilita a ampliação do sistema caso a quantidade de resíduos aumente;
- Custo acessível: Por serem muitas vezes descartados por empresas e indústrias, *pallets* podem ser adquiridos a baixo custo ou até mesmo reutilizados, tornando o método acessível para a comunidade local.
- Flexibilidade na localização: Por serem móveis, as composteiras em *pallets* podem ser deslocadas para locais mais adequados conforme a necessidade, evitando áreas mais propensas a alagamentos ou facilitando a manutenção.

6.4 Dimensionamento dos compostores

Para a aquisição dos compostores, a estimativa foi baseada na quantidade prevista de resíduos orgânicos a serem recebidos, considerando parâmetros técnicos como a densidade média dos resíduos, que é de 450 kg/m³, conforme estabelecido na tabela em Anexo 4, e embasado em estudos técnicos. Considerando o volume de 2 m³ de cada compostor de *pallets* e um ciclo de compostagem de 90 dias, estima-se a realização de 4 ciclos completos de compostagem ao longo de um ano. A Tabela 14, apresenta a projecção detalhada do número de compostores necessários para cada ano, em função do volume anual de resíduos estimado e da capacidade operacional dos sistemas de compostagem.

Tabela 14: Dimensionamento dos compostores de *pallets*

	Projeções									
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anos	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Produção Total de Resíduos (kg/dia)	285	442	609	788	977	1 179	1 219	1 260	1 303	1 348
Volume de Resíduos (m ³ /dia)	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3
Volume Total para Compostagem (m ³)	57	88	122	158	195	236	244	252	261	270
Número total de compostores	28	44	61	79	98	118	122	126	130	135
Número de compostores por quarterão	2	3	4	5	7	8	8	8	9	9

A localização dos compostores devem obedecer os critérios estabelecidos na Tabela 4, da revisão.

6.5 Estratégia para implementação

A valorização de resíduos orgânicos em uma comunidade requer uma abordagem integrada. Essa estratégia deve envolver educação ambiental, políticas bem definidas para a separação de resíduos e acções práticas para a recolha e compostagem. Cada um desses componentes é de suma importância para criar um sistema de sustentabilidade e responsabilidade ambiental.

6.5.1 Educação Ambiental e Conscientização

O primeiro passo para a valorização dos resíduos orgânicos é informar a comunidade sobre a importância da compostagem e seus benefícios. As acções que podem ser implementadas nesse contexto incluem:

- Workshops e palestras que devem ser organizados eventos educativos regulares em locais estratégicos, como escolas, mercados e reuniões de bairros. Por forma que os educadores ambientais ou activistas comunitários abordem temas como o funcionamento da compostagem, suas vantagens e o impacto positivo que a prática traz tanto para a comunidade quanto para o meio ambiente. Essas sessões interativas permitirão que os participantes façam perguntas e se envolvam activamente na discussão;
- Material educativo: A criação de folhetos e cartazes devem ter um conteúdo claro, visualmente atraente e conter informações práticas sobre como realizar a compostagem e a importância da separação de resíduos para abragir todos os níveis de escolaridade. A distribuição deve ocorrer em locais de grande circulação, como mercados, escolas e centros de saúde, para garantir que a informação alcance o maior número possível de moradores. Além disso, a utilização de plataformas digitais e redes sociais pode ampliar ainda mais o alcance das informações.

6.5.2 Implantação de Políticas de Separação de Resíduos

Para garantir a valorização dos resíduos orgânicos, é fundamental implementar um sistema eficiente de separação de resíduos em três frações: orgânicos, recicláveis e outros resíduos. Essa separação vai assegurar que os resíduos orgânicos sejam correctamente encaminhados para o processo de compostagem. Algumas condições essenciais para garantir a eficácia desse sistema incluem:

- **Legislação municipal:** É fundamental que o conselho municipal crie e aprove políticas que tornem a separação de resíduos obrigatória. Essa legislação deve incluir diretrizes claras sobre como os moradores devem separar seus resíduos em casa;
- **Incentivos e recompensas:** Para estimular a adesão às novas políticas de gestão de resíduos, é importante que haja um sistema de recompensas para os cidadãos que praticarem a separação correcta. Por exemplo, os moradores que cumprirem as normas poderão receber uma determinada quantidade de composto no fim de cada ciclo do processo de compostagem, promovendo dessa forma a agricultura doméstica e comunitária;
- **Recolha porta a porta:** A recolha porta a porta dos resíduos deve ser regular e bem divulgada. É essencial que a população saiba quando e como os resíduos serão recolhidos, e que essa recolha respeite os diferentes tipos de resíduos. Os cidadãos que não aderirem às novas políticas de separação de resíduos não devem ser abrangidos pela recolha porta a porta, incentivando a responsabilidade individual;
- **Educação continuada:** Para garantir que todos os cidadãos compreendam as novas políticas, é vital implementar um programa de educação continuada, que reforce a importância da separação de resíduos.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 Conclusões

O presente estudo evidenciou a importância da compostagem comunitária como uma solução viável para a gestão de RSD no bairro de Nkobe. A análise revelou que a composição per capita dos resíduos sólidos é estimada em 0,04 kg/habitante/dia, resultando em uma produção anual de aproximadamente 1,4 toneladas de resíduos orgânicos. Essa quantidade demonstra o significativo potencial de valorização dos resíduos, uma vez que a implementação de práticas de compostagem pode levar a uma redução anual de 43 toneladas de carbono, equivalente a 57 toneladas de metano. Se os projectos de compostagem comunitária forem ampliados para todo o município, há a possibilidade de uma redução substancial na quantidade de resíduos gerados, bem como nas emissões de gases de efeito estufa. Levando a uma estimativa de milhões de toneladas de resíduos e uma quantidade considerável de carbono que deixarão de emitidos para atmosfera, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas, a preservação do meio ambiente e cumprindo as metas estabelecidas na redução de GEE, gerando capital ao país por meio de créditos de carbono.

Diante desses resultados, é imprescindível que as autoridades locais, juntamente com a comunidade, desenvolvam e implementem políticas que incentivem a adoção de projectos de compostagem. A conscientização da população são fundamentais para o sucesso dessas iniciativas. Assim, a compostagem não apenas representará uma alternativa sustentável para o gerenciamento de resíduos, mas também promoverá um ambiente mais saudável e equilibrado para todos.

Por fim, este trabalho abre caminhos para investigações futuras, que podem explorar a eficácia e a replicabilidade das práticas de compostagem em outras áreas, bem como os benefícios sociais e económicos associados à sua implementação. A continuidade dessas pesquisas é essencial para avançar em direcção a um futuro mais sustentável e resiliente,

onde a gestão de resíduos sólidos e a redução das emissões de gases de efeito estufa se tornem prioridades nas agendas públicas.

7.2 Recomendações

Recomenda-se ao Conselho Municipal da Matola que desenvolva e implemente políticas específicas para a gestão de resíduos orgânicos, com o objectivo de incentivar a prática da compostagem em nos bairros. Essas políticas devem incluir diretrizes claras sobre a separação e destinação adequada dos resíduos, promovendo uma maior conscientização entre os munícipes.

É essencial que o município invista na criação de uma infraestrutura apropriada para a compostagem, como centros de compostagem comunitários. Esse investimento deve ser acompanhado por programas educativos que visem sensibilizar a população sobre a recolha selectiva, a importância da compostagem e a participação activa dos cidadãos, garantindo, assim, a eficiência no processamento dos resíduos.

Além disso, recomenda-se a implementação de um sistema de monitoramento contínuo da gestão de resíduos orgânicos. Esse sistema permitirá avaliar a eficácia das políticas e práticas de compostagem adotadas, possibilitando ajustes nas estratégias implementadas, além de garantir transparência e responsabilização na gestão dos resíduos.

Para estudos futuros, é fundamental focar na análise da composição e geração de resíduos sólidos urbanos nos bairros, especialmente em áreas comerciais, como mercados, onde a geração de resíduos orgânicos é significativa. Essa pesquisa pode contribuir para ampliar os sectores de recolha de resíduos orgânicos, favorecendo sua valorização e aproveitamento.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ambiente, M. d. (31 de Dezembro de 2014). Regulamento Sobre a Gestão de Resíduos - Decreto n.º 94/2014.
- Anderson, J. B. (2024). Sustainable Resource Management and Waste Minimization. Green Earth Publishers. Nova York, EUA.
- ANVISA. (2020). Em A. N. Sanitária, *Manual de Gestão de Resíduos Sólidos*. Brazil, Brasília: ANVISA.
- Brown, A. G. (2021). Contamination of Soil by Industrial Waste: Implications for Agriculture. *Journal of Environmental Protection*.
- Carbon Market Watch. (13 de 09 de 2024). *Carbon Markets Explained: A Beginner's Guide*. Obtido de <https://carbonmarketwatch.org>.
- Chaluque, M. C. (2013). *Análise da implementação do Projecto de Valorização dos Resíduos Sólidos Orgânicos*. Florianópolis .
- Cortez, C. L. (2011). *Estudo do Potencial de utilização da Biomassa Resultante da Poda de árvores para Geração de Energia*. São Paulo.
- Emmanuel F. Mushi, D. C. (2022). Urban waste management in Dar es Salaam: Challenges and opportunities. pp. 56-67.
- Environment, M. o. (1 de November de 2021). Government of Mozambique. Updated First National Determined. *Update of the First Nationally*, p. 105.
- Flick, U. (2014). An Introduction to Qualitative Research. SAGE Publications.
- George Tchobanoglous, H. T. (1993). Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues .

- Hand, S. E. (1996). Manual de compostagem doméstica e de pequenos jardins. London: Ecological Foundation Press.
- Harris, C. A. (2023). The Future of Waste Management: Innovations and Policies. Sustainable Solutions Press. Londres, Reino Unido.
- Hoornweg, D. & T. (2012). What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. *World Bank*.
- Hopewell, J. D. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. Em *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*.
- IPCC. (2021). *Climate Change The Physical Science Basis - Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Jaramillo, J. (2003). *GUIDELINES FOR THE DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION OF MANUAL SANITARY LANDFILLS*. Universidad de Antioquia: Lima.
- Jones, H. & (2023). Waste Management in Urban Areas: Challenges and Solutions. *Urban Studies Journal*.
- Jones, H. L. (2023). Waste Management in Urban Areas: Challenges and Solutions. *Urban Studies Journal*. 678-692.
- Júlio Pereira da Silva, R. L. (2018). *Gestão de resíduos sólidos urbanos: Práticas de separação e reciclagem*. Revista Brasileira de Gestão Ambiental.
- Kiehl, E. J. (1985). *Fertilizantes Orgânicos*. Piracicaba: Ceres.
- Kirchherr, J. R. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Em *Resources, Conservation and Recycling*.
- Langa, M. d. (2014). Gestão de RSU em Moçambique, Responsabilidade de Quem? *Nacional de Gerenciamento de Cidades*, 92-105.

- Levy, J. d. (2006). *Resíduos Sólidos Urbanos: Princípios e Processos*. Lisboa: AEPSA.
- Luis F. Diaz, C. G. (2020). *Composting and Recycling Municipal Solid Waste*. Boca Roton: Imprensa CRC.
- Macrotrends. (5 de 10 de 2024). *www.macrotrends.net*. Retrieved. Obtido de Matola, Mozambique Metro Area Population 1950-2024: <https://www.macrotrends.net>
- Miller, R. T. (2019). Biodiversity Loss Due to Waste Pollution: Case Studies and Analysis. Em *Ecological Impact Studies* (pp. 321-340). EUA.
- MTA. (2017). Ministerio da Terra e Ambiente Plano Director Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos na Cidade de Maputo.
- MTA. (2021). Guião Metodologico para a Elaboracao de Planos de Gestao Intergrada de Residuos Solidos. *Projecto de Desenvolvimento Urbano Local, 1ª*.
- Município de Nampula, J. V. (2018). Estudo sobre as Quantidades e Tipologias de RSU Produzidos no Município de Nampula.
- Nhabanga, E. (2013). *FORMAS DE APROPRIACAO DO ESPACA HABITACIONAL NUM BAIRRO DE REASSENTAMENTO: O CASO DE ESTUDO NKOBE*. Provincia de Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.
- Nhabanga, E. M. (2013). *Formas de Apropriacao do espaco habitacional num bairro de reassentamento: o caso de estudo Nkobe*. Matola: Universidade Eduardo Mondlane.
- Oliveira, M. G. (2018). *Gestão de Resíduos Sólidos: Uma Abordagem Prática*. Florianópolis, SC, Brasil: Editora UFSC.
- Ribeiro, R. A. (2022). *Gestão de Resíduos Sólidos: Teoria e Prática*. Editora Ambiental.
- Ribeiro, S. &. (s.d.). The circular economy and sustainable development: An overview. Em *2018* (pp. 90-104). Journal of Cleaner Production.

- Santos, A. S. (2020). Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos. . *Editora Ambiental*.
- Santos, M. E. (2019). Caracterização de Resíduos e Técnicas de Valorização. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Smith, J. T. (2022). Air Pollution from Waste Management Practices: Health and Environmental Impacts. *Atmospheric Environment*. 101-115.
- Taylor, R. C. (2019). The Impact of Waste Incineration on Air Quality and Climate Change. Em *Environmental Science & Technology* (pp. 345-359).
- UNFCCC. (13 de 09 de 2024). *Protocolo de Kyoto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Obtido de https://unfccc.int/kyoto_protocol
- Virginia Martínez-Sánchez, M. A. (2015). Life-cycle costing of waste management systems: Overview, calculation principles and case studies. *Waste Management*.
- Zaman, A. U. (2015). The role of waste management in the circular economy. *Waste Management*.

ANEXOS

Anexo 1:Potencial de aquecimento

Species	Lifetime (Years)	Radiative Efficiency (W m ⁻² ppb ⁻¹)	GWP-20	GWP-100	GWP-500	GTP-50	GTP-100	CGTP-50 (years)	CGTP-100 (years)
CO ₂	Multiple	1.33 ± 0.16 ×10 ⁻⁵	1.	1.000	1.000	1.000	1.000		
CH ₄ -fossil	11.8 ± 1.8	5.7 ± 1.4 ×10 ⁻⁴	82.5 ± 25.8	29.8 ± 11	10.0 ± 3.8	13.2 ± 6.1	7.5 ± 2.9	2823 ± 1060	3531 ± 1385
CH ₄ -non fossil	11.8 ± 1.8	5.7 ± 1.4 ×10 ⁻⁴	79.7 ± 25.8	27.0 ± 11	7.2 ± 3.8	10.4 ± 6.1	4.7 ± 2.9	2675 ± 1057	3228 ± 1364
N ₂ O	109 ± 10	2.8 ± 1.1 ×10 ⁻³	273 ± 118	273 ± 130	130 ± 64	290 ± 140	233 ± 110		
HFC-32	5.4 ± 1.1	1.1 ± 0.2 ×10 ⁻¹	2693 ± 842	771 ± 292	220 ± 87	181 ± 83	142 ± 51	78,175 ± 29,402	92,888 ± 36,534
HFC-134a	14.0 ± 2.8	1.67 ± 0.32 ×10 ⁻¹	4144 ± 1160	1526 ± 577	436 ± 173	733 ± 410	306 ± 119	146,670 ± 53,318	181,408 ± 71,365
CFC-11	52.0 ± 10.4	2.91 ± 0.65 ×10 ⁻¹	8321 ± 2419	6226 ± 2297	2093 ± 865	6351 ± 2342	3536 ± 1511		
PFC-14	50,000	9.89 ± 0.19 ×10 ⁻²	5301 ± 1395	7380 ± 2430	10,587 ± 3692	7660 ± 2464	9055 ± 3128		

Anexo 2: Estrutura do questionario feito aos moradores do bairro de Nkobe

Questionário aos residentes do bairro Nkobe, Quarterão 2

1. O que entende por resíduos sólidos

2. O que entende por gestão e tratamento de resíduos sólidos

3. Este bairro e beneficiado pelo sistema de recolha de resíduos sólidos

Sim ()

Não ()

4. Como avalia o sistema de recolha de resíduos sólidos urbanos em Nkobe

Óptimo ()

Bom ()

Razoável ()

Ruim ()

5. Quais são as formas de tratamento de resíduos sólidos que tem utilizado em sua residência ?

Enterra__

Queima__

Deposita em contentores de lixo__

Deposita em focos de lixo__

6. O que entende por reciclagem?

7. Já reciclou? O que já reciclou?

Material Plástico ()

Material metálico ()

Material de vidro ()

Material orgânico ()

8. Já ouviu falar em compostagem ?

Sim ()

Não ()

9. Já praticou a compostagem ou pratica ?

Sim ()

Não ()

10. Aceitaria realizar uma caracterização dos resíduos em sua residência e implementar a compostagem?

Sim ()

Não ()

Assinatura da entrevistadora

Assinatura do/a entrevistado/a

Salustiana M. Jasse

Munícipe

Anexo 3: Etapas de abertura de composteira domésticas em pilha nas residências



O processo de abertura das composteiras domésticas em pilha foi realizado através da montagem de uma base composta por galhos maiores, que serve para proporcionar aeração

e drenar a humidade. Em seguida, os resíduos orgânicos foram dispostos de maneira ordenada, seguindo uma sequência específica: inicialmente, foram adicionados resíduos secos (restos de jardim e folhas secas), que ajudam a equilibrar a relação carbono-nitrogênio na pilha.

Depois disso, foram incorporados os resíduos húmidos, que consistem principalmente em restos de alimentos de origem vegetal. Essa combinação é essencial para garantir um processo de compostagem eficiente e um composto rico em nutrientes.

Anexo 4: Densidade de diferentes fracções de resíduos

Fração de Resíduo	Densidade (kg/m³)	Referência
Resíduos Orgânicos (restos de comida)	400 - 800	EPA (2016). <i>Sustainable Management of Food Basics</i> . U.S. Environmental Protection Agency.
Resíduos Orgânicos (frutos e verduras)	300 - 600	EPA (2016). <i>Sustainable Management of Food Basics</i> . U.S. Environmental Protection Agency.
Papel e Papelão	100 - 200	Vasiliev, I., & Kovalchuk, A. (2015). <i>Waste Management in the Circular Economy</i> . Springer.
Plásticos (PET)	500 - 750	Schmidt, T. J., & H. Y. P. (2014). <i>Plastic Waste Management</i> . Waste Management Journal.
Plásticos (polietileno)	400 - 700	Ranjan, M., & Joshi, R. (2018). <i>Polyethylene Waste Management</i> . Journal of Material Cycles and Waste Management.
Vidro	1200 - 1800	REPA (2019). <i>Recycling and Waste Management</i> . REPA (Recycling Environmental Practices Association).
Metais (alumínio)	900 - 1300	Gupta, A. (2017). <i>Aluminium Recycling and Processing</i> . Journal of Environmental Management.
Têxteis	300 - 600	Muthu, S. S. (2014). <i>Sustainability in Fashion and Textiles</i> . Woodhead Publishing.
Lixo Eletrónico	800 - 1200	Wong, J. W. C., & C. P. (2015). <i>Electronic Waste Management</i> . Environmental Science & Technology.

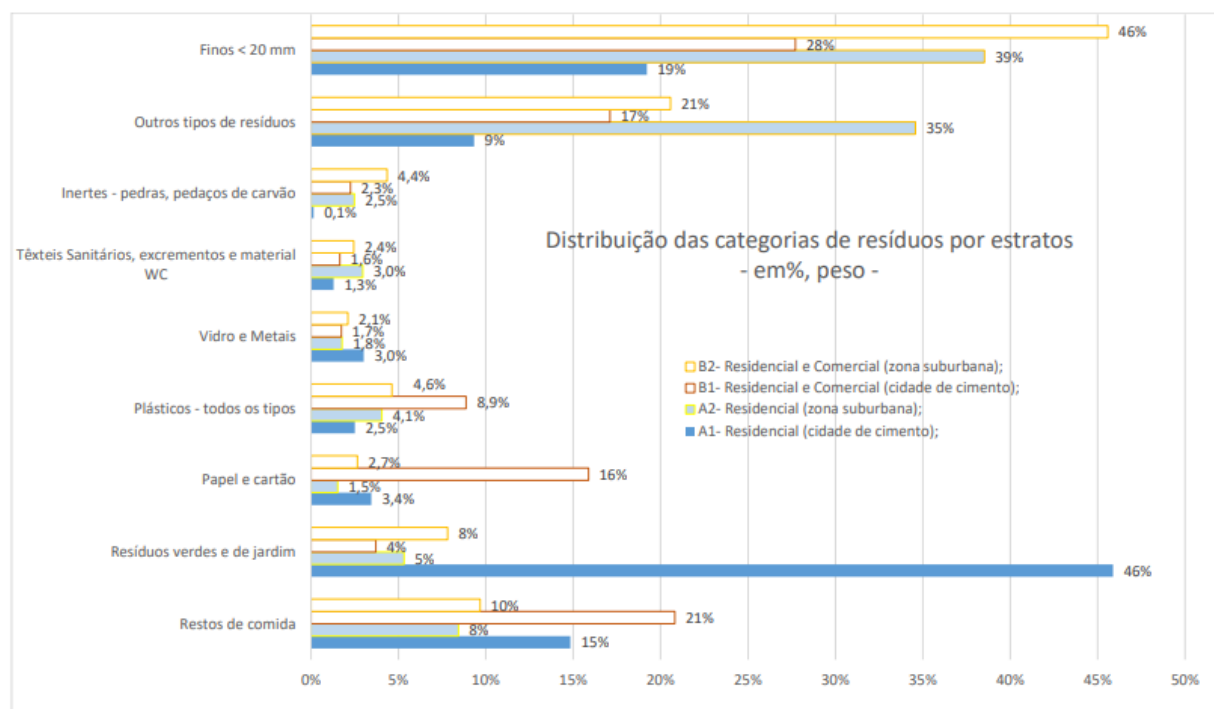
Anexo 5: Teor de carbono dos resíduos

TEOR DE MATÉRIA SECA POR DEFEITO, TEOR DE DOC, TEOR DE CARBONO TOTAL E FRAÇÃO DE CARBONO DE DIFERENTES COMPONENTES DO RSU									
Componente	Teor de matéria seca em % do peso húmido ¹	Teor de DOC em % de resíduos húmidos		Teor de DOC em % de resíduos secos		Teor total de carbono em % do peso seco		Fração de carbono fóssil em % do carbono total	
	Inadimplência	Inadimplência	Gama	Inadimplência	Gama ²	Inadimplência	Gama	Inadimplência	Gama
Papel/cartão	90	40	36 - 45	44	40 - 50	46	42 - 50	1	0 - 5
Têxteis ³	80	24	20 - 40	30	25 - 50	50	25 - 50	20	0 - 50
Desperdício alimentar	40	15	8 - 20	38	20 - 50	38	20 - 50	-	-
Madeira	85 ⁴	43	39 - 46	50	46 - 54	50	46 - 54	-	-
Resíduos de jardins e parques	40	20	18 - 22	49	45 - 55	49	45 - 55	0	0
Fraldas	40	24	18 - 32	60	44 - 80	70	54 - 90	10	10
Borracha e Couro	84	(39) ⁵	(39) ⁵	(47) ⁵	(47) ⁵	67	67	20	20
Plásticos	100	-	-	-	-	75	67 - 85	100	95 - 100
Metal ⁶	100	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Vidro ⁶	100	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Outros resíduos inertes	90	-	-	-	-	3	0 - 5	100	50 - 100

1 – O teor de humidade aqui indicado aplica-se aos tipos específicos de resíduos antes de entrarem na recolha e tratamento. Em amostras colhidas de resíduos recolhidos ou, por exemplo, SWDS, o teor de humidade de cada tipo de resíduo variará em função da humidade dos resíduos coexistentes e das condições meteorológicas durante o manuseamento.

2 – O intervalo refere-se aos dados mínimos e máximos relatados por Dehoust *et al.*, 2002; Gangdonggu, 1997; Guendehou, 2004; JESC, 2001; Jager e Blok, 1993; Würdinger *et al.*, 1997, e Zeschmar-Lahl, 2002.

Anexo 6: Resultados da campanha de caracterização em Nampula



Anexo 7: Parcela da folha de cálculos onde foi lançada os dados de cada residência na campanha de caracterização de RSD

Residências	Resto de comida	Resíduo de jardim	Papel/papelão	PET	Plástico Filme e embalagem	Têxteis sanitários	Embalagem de vidro	Madeira	Metal	finos/inertes	outros	Peso diário	Peso médio
1	0,550	0,220	0,027	0,000	0,050	0,950	0,000	0,000	0,000	0,050	0,060	1,907	1,739
	0,450	0,140	0,000	0,000	0,035	0,675	0,000	0,000	0,000	0,075	0,065	1,440	
	1,260	0,160	0,070	0,000	0,065	0,775	0,000	0,105	0,000	0,090	0,000	2,525	
	0,135	0,185	0,000	0,000	0,045	0,655	0,000	0,000	0,000	0,095	0,000	1,115	
	0,095	0,145	0,000	0,000	0,000	1,045	0,000	0,350	0,000	0,075	0,000	1,710	
2	0,710	0,235	0,000	0,000	0,055	0,000	0,000	0,000	0,050	0,580	0,000	1,630	2,321
	0,640	0,145	0,040	0,000	0,155	0,000	0,000	0,983	0,000	0,460	0,000	2,423	
	0,505	0,175	0,950	0,135	0,055	0,000	1,065	0,000	0,000	0,865	0,095	3,845	
	0,365	0,195	0,000	0,095	0,095	0,000	0,000	0,000	0,245	0,755	0,000	1,750	
	0,280	0,145	0,065	0,105	0,075	0,000	0,000	0,455	0,075	0,700	0,055	1,955	
3	0,240	0,160	0,041	0,035	0,105	1,975	1,060	0,976	0,050	0,459	0,000	5,101	3,619
	0,195	0,230	0,000	0,000	0,065	1,005	0,565	0,000	0,025	0,050	1,670	3,805	
	0,235	0,095	0,095	0,000	0,095	0,950	0,750	0,000	0,055	0,450	0,000	2,725	
	0,105	0,145	0,055	0,000	0,000	0,745	0,000	0,000	0,075	0,965	0,000	2,090	
	0,000	0,090	0,000	0,000	0,025	2,650	0,500	0,000	0,050	1,005	0,055	4,375	
4	0,115	0,265	0,000	0,000	0,045	0,000	0,000	0,000	0,000	0,193	0,000	0,618	0,778
	0,095	0,165	0,025	0,055	0,035	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,000	0,605	
	0,205	0,185	0,020	0,095	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,200	0,065	0,795	
	0,135	0,305	0,000	0,025	0,040	0,105	0,000	0,000	0,000	0,195	0,000	0,805	
	0,105	0,295	0,095	0,035	0,000	0,095	0,000	0,000	0,000	0,345	0,095	1,065	
5	0,245	0,295	0,015	0,030	0,030	0,245	0,000	0,000	0,000	0,240	0,015	1,115	1,203
	0,000	0,235	0,000	0,065	0,015	0,285	0,135	0,085	1,065	0,165	0,000	2,050	
	0,000	0,155	0,000	0,000	0,045	0,355	0,000	0,097	0,045	0,090	0,035	0,822	
	0,115	0,090	0,065	0,000	0,055	0,185	0,095	0,000	0,050	0,275	0,000	0,930	
	0,095	0,305	0,125	0,035	0,035	0,135	0,000	0,000	0,000	0,305	0,065	1,100	
6	0,790	2,210	0,070	0,020	0,350	0,000	0,000	0,000	0,035	0,300	0,000	3,775	2,010
	0,665	0,135	0,000	0,000	0,205	0,000	0,000	0,000	0,055	0,245	0,000	1,305	
	0,545	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,085	0,000	0,000	0,165	0,000	0,895	
	0,700	0,135	0,055	0,075	0,075	0,000	0,000	0,000	0,000	0,095	0,000	1,135	
	0,455	0,105	0,000	1,095	0,135	0,000	1,005	0,000	0,020	0,125	0,000	2,940	
7	0,340	0,075	0,040	0,700	0,130	0,000	0,000	0,000	0,250	0,345	0,000	1,880	1,445
	0,305	1,090	0,065	0,000	0,000	0,235	0,000	0,000	0,000	0,105	0,025	1,825	
	0,265	0,125	0,000	0,000	0,060	0,000	0,345	0,185	0,000	0,165	0,000	1,145	
	0,305	0,105	0,035	0,565	0,025	0,000	0,000	0,000	0,235	0,285	0,000	1,555	
	0,375	0,050	0,000	0,135	0,000	0,000	0,095	0,000	0,000	0,165	0,000	0,820	
8	0,115	0,405	0,025	0,100	0,070	0,000	0,180	0,000	0,020	0,235	0,000	1,150	1,135
	0,095	0,265	0,000	0,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,175	0,000	0,660	
	0,205	0,115	0,000	0,000	0,065	0,000	0,000	1,025	0,000	0,195	0,125	1,730	
	0,000	0,200	0,045	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000	0,000	0,305	0,095	0,680	
	0,155	0,305	0,105	0,015	0,000	0,000	0,085	0,550	0,000	0,205	0,035	1,455	
9	0,145	0,500	0,035	0,000	0,045	1,075	0,185	0,325	0,095	0,345	0,000	2,750	2,173
	0,150	0,105	0,075	0,000	0,065	0,000	1,365	0,000	0,000	0,500	0,045	2,305	
	0,135	0,235	0,000	0,000	0,000	1,035	0,000	0,000	0,000	0,285	0,000	1,690	
	0,115	0,170	0,105	0,000	0,035	0,000	0,000	1,005	1,150	0,455	0,085	3,120	
	0,095	0,185	0,000	0,000	0,000	0,000	0,300	0,000	0,000	0,395	0,025	1,000	
10	0,375	0,475	0,095	0,095	0,045	0,000	0,195	1,035	0,090	0,565	0,000	2,970	2,391
	0,340	0,375	0,025	0,000	0,095	0,000	0,000	0,000	0,000	0,345	0,000	1,180	
	0,195	0,400	0,000	0,000	0,035	0,000	1,045	0,000	0,000	0,675	0,000	2,350	
	0,245	0,095	0,000	1,005	0,055	0,000	0,000	2,005	0,135	0,195	0,000	3,735	
	0,165	0,105	1,015	0,000	0,035	0,000	0,075	0,000	0,000	0,325	0,000	1,720	
30	0,135	0,260	0,055	0,000	0,015	0,350	0,055	0,000	0,065	0,035	0,000	0,970	1,463
	0,120	0,305	0,035	0,000	0,035	0,025	0,000	0,000	0,095	0,240	0,085	0,940	
	0,115	0,275	0,000	0,000	0,005	0,365	0,000	0,035	0,000	0,000	1,005	1,800	
	0,090	0,565	0,000	0,000	0,015	0,450	0,155	0,045	1,005	0,065	0,035	2,425	
	0,155	0,755	0,045	0,000	0,015	0,035	0,000	0,085	0,000	0,025	0,065	1,180	
Total	30,515	38,285	6,928	7,965	6,270	32,470	23,300	21,316	10,385	43,326	7,765	228,524	