



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

**ESTUDO E APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE SIG PARA A
EXPANSÃO E OTIMIZAÇÃO DAS ROTAS DE COLETA SELETIVA EM
PARAÍBA DO SUL-RJ**

Maria Eduarda Guedes Meirelles

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Sady Júnior Martins da Costa de Menezes
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Fábio Cardoso de Freitas**

**TRÊS RIOS - RJ
DEZEMBRO – 2024**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

**ESTUDO E APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE SIG PARA A
EXPANSÃO E OTIMIZAÇÃO DAS ROTAS DE COLETA SELETIVA EM
PARAÍBA DO SUL-RJ**

Maria Eduarda Guedes Meirelles

Monografia apresentada ao curso de Gestão Ambiental,
como requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Gestão Ambiental da UFRRJ, Instituto Três
Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

**TRÊS RIOS - RJ
DEZEMBRO – 2024**

GM514e Guedes Meirelles, Maria Eduarda , 2000-
Estudo e Aplicação de Ferramentas de SIG Para a
Expansão e Otimização das Rotas de Coleta Seletiva em
Paraíba do Sul-RJ / Maria Eduarda Guedes Meirelles. -
Três Rios - RJ, 2024.
77 f.: il.

Orientador: Sady Júnior Martins da Costa de
Menezes.

Coorientador: Fábio Cardoso de Freitas.
Trabalho de conclusão de curso(Graduação). --
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Gestão
Ambiental, 2024.

1. Sistemas de Informação Geográfica. 2.
Roteirização. 3. Gestão de Resíduos. I. Martins da
Costa de Menezes, Sady Júnior, 1979-, orient. II.
Cardoso de Freitas, Fábio, 1975-, coorient. III
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Gestão
Ambiental. IV. Título.



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE – DCMA**

**ESTUDO E APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE SIG PARA A EXPANSÃO E
OTIMIZAÇÃO DAS ROTAS DE COLETA SELETIVA EM PARAÍBA DO SUL-RJ**

Maria Eduarda Guedes Meirelles

Monografia apresentada ao Curso de Gestão Ambiental
como pré-requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Gestão Ambiental da Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios da
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Aprovada em 09/12/2024

Banca examinadora:



Documento assinado digitalmente
SADY JUNIOR MARTINS DA COSTA DE MENEZES
Data: 11/12/2024 09:03:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Sady Júnior Martins da Costa de Menezes (Orientador)



Documento assinado digitalmente
FABIO CARDOSO DE FREITAS
Data: 12/12/2024 08:54:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Cardoso de Freitas (Co-orientador)



Documento assinado digitalmente
FABIO SOUTO DE ALMEIDA
Data: 11/12/2024 14:56:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Souto de Almeida



Documento assinado digitalmente
ANDRE LUIZ CAMPOS ESQUEFF ABDALLA
Data: 12/12/2024 11:10:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

André Luiz Campos Esqueff Abdalla

**TRÊS RIOS – RJ
DEZEMBRO – 2024**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão a todos que me apoiaram ao longo desta trajetória acadêmica.

Primeiramente, agradeço imensamente à minha família, cujo apoio e incentivo foram fundamentais durante toda a graduação e nos anos anteriores a ela. Sem o suporte constante de vocês, não teria sido possível chegar até aqui.

Agradeço à Professora Patrícia Duffles, por me apresentar às ferramentas e possibilidades do geoprocessamento nas disciplinas de Atividades Acadêmicas em Gestão Ambiental I e II, despertando meu interesse por esta área tão enriquecedora.

À Professora Ana Paula Perrota, meu sincero agradecimento pelo conhecimento compartilhado durante minha experiência no projeto de extensão “Oficina de Educação Alimentar”, que contribuiu significativamente para minha formação.

Sou grata à toda equipe da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Agrário de Paraíba do Sul pela oportunidade de estágio, que me ajudou a me formar como profissional, além de todo o apoio e assistência para a realização deste trabalho, disponibilizando as informações necessárias sempre que foi preciso.

Agradeço à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por proporcionar uma educação pública e de qualidade, que permitiu a construção do meu conhecimento e desenvolvimento profissional.

Por fim, não posso deixar de agradecer ao meu orientador, Prof. Sady Menezes, e ao meu co-orientador, Prof. Fábio Freitas, pelo acompanhamento, paciência e pelos ensinamentos que foram essenciais para a realização deste trabalho. Agradeço também ao Prof. Fábio Souto, Prof. Bernardo Papi e ao André Abdalla, por aceitarem fazer parte da banca de defesa deste trabalho e dedicarem seu tempo para sua avaliação e contribuição.

A todos, o meu mais sincero muito obrigada!

*“O lixo é a matéria prima fora do lugar”
(Sidney Grippi, 2001)*

RESUMO

A geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) tem aumentado de forma contínua, criando uma crescente demanda por infraestrutura e logística adequadas. Em 2022, o Brasil gerou aproximadamente 81,8 milhões de toneladas de RSU, o equivalente a cerca de 224 mil toneladas diárias. Para enfrentar os desafios decorrentes desse aumento, foi instituída, em 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, com o objetivo de estabelecer diretrizes e instrumentos para o gerenciamento desses resíduos, abrangendo as etapas de coleta, transporte, tratamento e destinação final ambientalmente adequada. A coleta seletiva, um dos principais instrumentos dessa política, é definida como a coleta de resíduos segregados previamente com base em sua constituição e composição, visando o reaproveitamento dos materiais. Considerando que as atividades de coleta e transporte de resíduos absorvem de 40% a 60% do orçamento municipal destinado à limpeza urbana, é essencial um planejamento eficaz das rotas de coleta de resíduos recicláveis. Neste contexto, o presente estudo propôs a utilização de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a ampliação e otimização das rotas de coleta seletiva no município de Paraíba do Sul. Para atingir o objetivo deste trabalho, a rota atualmente realizada no município foi analisada e posteriormente comparada a quatro novas rotas otimizadas, em dois cenários distintos: rotas mais rápidas e rotas mais curtas, distribuídas em itinerários de segunda, quarta e sexta-feira, e terça e quinta-feira. Os resultados obtidos indicam que a abrangência total percorrida mensalmente na rota atual é de 509,32 km, com um consumo de aproximadamente 240 litros de diesel, o que corresponde a um custo de R\$ 1.413,60. Quando comparadas às rotas otimizadas na modalidade "mais rápida", a extensão total aumentou em 92,64%, passando para 981,20 km, com um consumo de 245,3 litros de diesel, correspondendo a um valor de R\$ 1.444,81, resultando assim, em um acréscimo de apenas R\$ 31,21 no custo mensal de combustível. Por outro lado, ao optar pelas rotas mais curtas, a extensão aumentou em 81,81%, passando para 926 km, com um consumo de 231,5 litros de diesel, que corresponde a um valor de R\$ 1.363,53, representando uma economia de R\$ 50,07 no custo mensal de combustível. Esses resultados demonstram que a otimização das rotas de coleta seletiva pode gerar ganhos significativos em eficiência, tanto em termos de redução de custos quanto de melhor planejamento do tempo por meio de uma gestão mais eficaz dos recursos destinados ao transporte de resíduos.

Palavras-Chave: Sistemas de Informação Geográfica; Roteirização; Gestão de Resíduos

ABSTRACT

The generation of Urban Solid Waste (USW) has increased continuously, creating a growing demand for adequate infrastructure and logistics. In 2022, Brazil generated approximately 81.8 million tons of USW, equivalent to around 224 thousand tons per day. In order to face the challenges arising from this increase, the National Solid Waste Policy was established in 2010, with the aim of establishing guidelines and instruments for the management of this waste, covering the stages of collection, transportation, treatment and environmentally appropriate final disposal. Selective collection, one of the main instruments of this policy, is defined as the collection of waste previously segregated based on its constitution and composition, aiming to reuse the materials. Considering that waste collection and transportation activities absorb 40% to 60% of the municipal budget allocated to urban cleaning, effective planning of recyclable waste collection routes is essential. In this context, this study proposed the use of Geographic Information Systems (GIS) tools to expand and optimize selective collection routes in the municipality of Paraíba do Sul. To achieve the objective of this work, the route currently used in the municipality was analyzed and subsequently compared to four new optimized routes, in two different scenarios: faster routes and shorter routes, distributed in itineraries on Monday, Wednesday and Friday, and Tuesday and Thursday. The results obtained indicate that the total monthly coverage covered on the current route is 509.32 km, with a consumption of approximately 240 liters of diesel, which corresponds to a cost of R\$ 1,413.60. When compared to the optimized routes in the "fastest" mode, the total length increased by 92.64%, reaching 981.20 km, with a consumption of 245.3 liters of diesel, corresponding to a value of R\$ 1,444.81, thus resulting in an increase of only R\$ 31.21 in the monthly fuel cost. On the other hand, when opting for the shorter routes, the length increased by 81.81%, reaching 926 km, with a consumption of 231.5 liters of diesel, corresponding to a value of R\$ 1,363.53, representing a saving of R\$ 50.07 in the monthly fuel cost. These results demonstrate that the optimization of selective collection routes can generate significant gains in efficiency, both in terms of cost reduction and better time planning through more effective management of resources allocated to waste transportation.

Keywords: Geographic Information Systems; Routing; Waste Management

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

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

ABREMA - Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

CEMPRE - Compromisso Empresarial Para Reciclagem

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FUNASA - Fundação Nacional da Saúde

HOT - Humanitarian OpenStreetMap Team

HQGIS - High Quality Geographic Information System

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INEA - Instituto Estadual do Ambiente

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ITR - Instituto Três Rios

LTDA - Sociedade de Responsabilidade Limitada

LEV's - Locais de Entrega Voluntária

MDE - Modelo Digital de Elevação

OSM - OpenStreetMap

ORSTools - Open Route Service Tools

PCSS - Programa Coleta Seletiva Solidária

PEV's - Postos de Entrega Voluntária

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

QGIS - Quantum Geographic Information System

QNEAT3 - QGIS Network Analysis Toolbox 3

RJ - Rio de Janeiro

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

RSD - Resíduos Sólidos Domésticos

SIG - Sistemas de Informação Geográficas

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico Para as Américas

SMADA – Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Agrário

SUS - Sistema Único de Saúde

UBS - Unidades Básicas de Saúde

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

UFF - Universidade Federal Fluminense

UERJ - Universidade Estadual do Rio de Janeiro

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização do município de Paraíba do Sul-RJ.....	20
Figura 2: Gráfico das tipologias de resíduos para Paraíba do Sul - RJ.....	23
Figura 3: Gráfico da composição gravimétrica dos resíduos de Paraíba do Sul - RJ.....	23
Figura 4: Caminhão baú utilizado para a coleta seletiva.....	26
Figura 5: Galpão de triagem de materiais recicláveis de Paraíba do Sul - RJ.....	26
Figura 6: Rota de coleta seletiva atual dos dias de Segunda, Quarta e Sexta-Feira.....	28
Figura 7: Rota de coleta seletiva dos dias de Terça e Quinta-Feira.....	28
Figura 8: Possíveis pontos de coleta de materiais recicláveis.....	29
Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14: Imagens das ruas percorridas pela coleta seletiva nos bairros: Portal do Sol, Limoeiro, Lava-Pés, Centro, Palhas e Werneck.....	29
Figura 15: Rota otimizada na categoria mais rápida para os dias de Segunda, Quarta e Sexta-Feira.....	46
Figura 16: Rota otimizada na categoria mais curta para os dias de Segunda, Quarta e Sexta-Feira.....	46
Figura 17: Rota otimizada na categoria mais rápida para os dias de Terça e Quinta-Feira.....	47
Figura 18: Rota otimizada na categoria mais curta para os dias de Terça e Quinta-Feira.....	47
Figura 19: Mapa de declividade do município de Paraíba do Sul – RJ.....	50
Figura 20: Mapas das rotas otimizadas na categoria mais curta e mais rápida sob mapa de declividade de Paraíba do Sul – RJ.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipo e quantidade de material reciclável coletado em 2023 com valores em toneladas.....	30
Tabela 2: Categorias de vias e limites de velocidades para a categoria “driving hgv”.....	41
Tabela 3: Classes de declividade de um terreno propostas pela EMBRAPA.....	42
Tabela 4: Preço médio do óleo diesel no Estado do Rio de Janeiro (2023-2024).....	44
Tabela 5: Distâncias e tempos de percurso estimados para as rotas otimizadas.....	48
Tabela 6: Extensão e porcentagem da rota mais rápida de Segunda, Quarta e Sexta-Feira para cada classe de declividade.....	51
Tabela 7: Extensão e porcentagem da rota mais curta de Segunda, Quarta e Sexta-Feira para cada classe de declividade.....	52
Tabela 8: Extensão e porcentagem da rota mais rápida de Terça e Quinta-Feira para cada classe de declividade.....	53
Tabela 9: Extensão e porcentagem da rota mais curta de Terça e Quinta-Feira para cada classe de declividade.....	54
Tabela 10: Distâncias percorridas, quantidades necessárias e preços do diesel estimados para a realização das rotas.....	55
Tabela 11: Valores mensais da distância a ser percorrida, litros de diesel necessários e valor a ser despendido para a realização da coleta seletiva em todos os cinco dias úteis da semana....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Itinerário atual da coleta seletiva em Paraíba do Sul - RJ.....	27
Quadro 2: Proposta de um novo itinerário para a coleta seletiva em Paraíba do Sul.....	45

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVO GERAL.....	18
1.1.1 Objetivos Específicos.....	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	19
2.2 COLETA SELETIVA.....	21
2.2.1 Definição de Coleta Seletiva.....	21
2.2.2 Coleta Seletiva em Paraíba do Sul.....	22
2.2.3 Rota Atual da Coleta Seletiva.....	25
2.2.4 Resolução 08/2024 do Conselho Municipal de Saúde.....	31
2.3 TRANSPORTE DOS RESÍDUOS RECICLÁVEIS.....	32
2.4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	33
2.5 GEOPROCESSAMENTO.....	34
2.6 ROTEIRIZAÇÃO.....	34
2.7 INICIATIVAS DE MAPEAMENTO COLABORATIVO.....	35
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1 ATIVIDADES PRELIMINARES.....	36
3.2 BASE DE DADOS.....	37
3.3 FERRAMENTAS UTILIZADAS.....	39
3.4 OBTENÇÃO DAS ROTAS.....	39
3.5 OBTENÇÃO DA DECLIVIDADE DA ÁREA.....	41
3.6 DETERMINAÇÃO DA EXTENSÃO DAS ROTAS PARA CADA CLASSE DE DECLIVIDADE.....	43
3.7 DETERMINAÇÃO ECONÔMICA.....	43
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	45
4.1 NOVO ITINERÁRIO E ESTIMATIVA DAS DISTÂNCIAS E DO TEMPO DE	

PERCURSO DAS ROTAS OTIMIZADAS.....	45
4.2 ANÁLISE DA DECLIVIDADE DA ÁREA.....	49
4.3 ESTIMATIVA DOS GASTOS DE COMBUSTÍVEL COM A COLETA DE MATERIAL RECICLÁVEL.....	55
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
6. REFERÊNCIAS.....	58
7. ANEXOS.....	62
8. APÊNDICES.....	67

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) cresce a cada ano em todo o mundo. Esse fenômeno é justificado pelo crescimento populacional, o processo de urbanização, a revolução tecnológica e as mudanças socioeconômicas, que permitem a um maior número de pessoas o acesso ao consumo de serviços e bens não duráveis. Em 2010, 84,3% da população brasileira residia em áreas urbanas e, em todas as grandes regiões do país, a população urbana superava a rural (IBGE 2023). Nesse mesmo período, o país experimentou um consistente crescimento econômico, inserindo mais pessoas no mercado consumidor e, conseqüentemente, aumentando a quantidade de RSU gerada.

Em 2022, o país gerou aproximadamente 81,8 milhões de toneladas de RSU, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias. Com isso, cada brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos por dia (ABRELPE 2022). É importante salientar que a produção de RSU não é uniforme em quantidade e conteúdo entre as famílias, pois está relacionada a aspectos multifatoriais, como a capacidade econômica de consumir, os valores individuais, culturais e os hábitos de vida da população geradora (Godecke *et al.* 2012).

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, os resíduos sólidos podem se tornar um problema sanitário, pois contêm grande quantidade de matéria orgânica, servindo de abrigo e alimento para diversos organismos vivos e favorecendo a proliferação de vetores. Além disso, sua massa geralmente contém agentes patogênicos e microrganismos prejudiciais à saúde humana (FUNASA 2019).

Há também um impacto ambiental significativo causado pela geração de resíduos sólidos, pois o ciclo de vida de um produto descartado resulta em maior utilização dos serviços ecossistêmicos. Como consequência, o esgotamento dos recursos naturais e os danos ao meio ambiente ocorrem tanto pela extração da matéria-prima utilizada nos processos produtivos, quanto pelo retorno dos resíduos à natureza após a sua utilização pelo homem (Godecke *et al.* 2012).

Para mitigar os impactos negativos do retorno dos resíduos à natureza, é preciso incentivar uma destinação final ambientalmente adequada, que pode ser alcançada por meio da reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético, ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, entre elas a disposição final. Todos os procedimentos devem observar normas operacionais específicas de modo a evitar danos,

riscos ou impactos negativos à saúde pública, à segurança e ao meio ambiente (BRASIL 2017).

Em 2022, cerca de 61% dos resíduos sólidos urbanos do Brasil foram destinados de maneira ambientalmente adequada, enquanto 39% foram destinados de forma inadequada, sendo que a maior parte da disposição ambientalmente adequada é caracterizada pela destinação final em aterros sanitários (ABRELPE 2022).

Embora os aterros sanitários apresentem menos prejuízos ao meio ambiente em comparação com lixões e aterros controlados, sua utilização ainda traz algumas desvantagens, como a perda de matérias-primas que poderiam ser recicladas e reaproveitadas na indústria, a necessidade de grandes áreas para alocar a estrutura, o impacto das condições climáticas na operação e o risco existente de contaminação do solo e da água subterrânea (Mansor *et al.* 2010).

Considerando esse cenário, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída em 2 de agosto de 2010 por meio da Lei nº 12.305, estabelece como um de seus instrumentos a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, sendo a coleta seletiva definida como a coleta de resíduos previamente segregados conforme sua constituição e composição, visando ao reaproveitamento da matéria-prima (BRASIL 2017).

Além disso, no dia 13 de abril de 2022, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos foi instituído como um importante instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Esse plano apresenta diretrizes, estratégias, ações e metas que incentivam os atores sociais a priorizar, implementar e difundir atividades de reciclagem, compostagem, biodigestão e recuperação energética no país. Ele também estimula que as políticas públicas sejam direcionadas conforme o disposto no art. 9º da Lei nº 12.305/2010, que estabelece a ordem de prioridade das ações a serem observadas: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento de resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL 2022).

Com a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos e seus instrumentos, os municípios brasileiros enfrentaram a necessidade de gerir seus resíduos de maneira ambientalmente adequada, buscando o fim das atividades dos lixões e incentivando a reciclagem por meio de programas municipais de coleta seletiva. Como resultado, muitos municípios optaram por incentivar a união de catadores de materiais recicláveis autônomos

em cooperativas de trabalho, visando a contratação dessas cooperativas pelo poder público (Santos 2018).

No município de Paraíba do Sul, no estado do Rio de Janeiro, as tentativas de implementar um programa de coleta seletiva começaram entre 2013 e 2016, por meio da iniciativa do governo de contratar uma cooperativa para a realização dos serviços de coleta, triagem e revenda dos resíduos gerados. Para isso, houve a união de catadores independentes de materiais recicláveis da região, formando a Cooperativa de Trabalho de Catadores de Material Reciclável de Paraíba do Sul – Cooperativa Boa Paz. No entanto, a contratação não se concretizou e a cooperativa foi dissolvida em 2019.

Em 2022, a Prefeitura de Paraíba do Sul iniciou novamente uma busca por catadores de recicláveis autônomos da região que estivessem interessados em se unir em uma cooperativa. No total, nove trabalhadores se mostraram dispostos a participar, e com o auxílio da Prefeitura de Paraíba do Sul, da Defensoria Pública do Rio de Janeiro e da Incubadora de Empreendimentos em Economia Solidária da Universidade Federal Fluminense (inTECSOL/UFF), foi criada a Cooperativa de Trabalho de Catadores de Materiais Recicláveis das Palmeiras. Atualmente, a cooperativa está em processo de dispensa de licitação para ser efetivamente contratada pela Prefeitura do município.

O breve histórico das tentativas de implementação da coleta seletiva em Paraíba do Sul é similar ao de muitos outros municípios do Brasil. Segundo dados da ABRELPE (2022), cerca de 75,1% dos municípios brasileiros já possuem alguma iniciativa de coleta seletiva; no entanto, essa prática ainda representa uma destinação minoritária e enfrenta desafios para sua expansão.

As despesas financeiras são um desafio significativo para a disseminação da coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. A coleta e o transporte dos resíduos absorvem cerca de 40% a 60% do orçamento municipal destinado à limpeza urbana (CEMPRE 2018). Portanto, a criação e manutenção de um programa de coleta seletiva exigem investimentos substanciais, incluindo não apenas a aquisição de infraestrutura adequada e a contratação de pessoal para a realização das tarefas, mas também a necessidade de recursos adicionais para garantir a eficácia e a expansão do programa.

Além disso, frequentemente há uma falta de planejamento e má gestão dos recursos existentes. Como exemplo, podemos citar que no decorrer das atividades de coleta e transporte de resíduos, as equipes de catadores de materiais recicláveis frequentemente não realizam o planejamento e a documentação das rotas, alterando as ruas percorridas com base nas condições de trânsito do dia e utilizando o conhecimento empírico dos funcionários para decidir quais ruas serão percorridas com maior frequência e quais áreas são melhores para iniciar e terminar a rota de coleta, o que resulta em improdutividade no trabalho exercido (Battistella 2014).

Esses desafios podem ser superados com a utilização de tecnologias de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Câmara & Ortiz (1998), definem um SIG como um conjunto de 'ferramentas' especializadas na aquisição, armazenamento, recuperação, transformação e emissão de informações espaciais. Para os processos de roteirização da coleta de resíduos, essa tecnologia permite análises mais precisas do sistema viário de um município, além de oferecer ferramentas para o cálculo de distâncias, facilitando o planejamento de novas rotas.

Nesse contexto, o uso das tecnologias de georreferenciamento deve ser combinado aos instrumentos de gestão de responsabilidade compartilhada para que os municípios possam superar os desafios e dificuldades na implementação e expansão dos programas de coleta seletiva. Dessa forma, os setores industrial, comercial, público e a sociedade civil são integrados em ações que viabilizam o planejamento e a execução das etapas de separação, coleta, transporte e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos recicláveis, garantindo o cumprimento das diretrizes e legislações previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL 2017).

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é propor uma expansão e otimização das rotas da coleta seletiva no município de Paraíba do Sul a partir do estudo e aplicação de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

1.1.1 Objetivos Específicos

Para alcançar o que foi proposto inicialmente, os seguintes objetivos específicos se fizeram necessários:

- Propor a expansão da rota atual, adicionando ruas onde estão localizadas as Unidades Básicas de Saúde do município, bem como ruas adjacentes que possuem maior densidade populacional;
- Estimar a distância a ser percorrida pelo caminhão;
- Estimar o tempo de percurso para cada rota;
- Analisar a declividade da área a partir de um modelo de elevação visando o melhor uso do combustível e a melhor otimização da rota;
- Estimar o gasto financeiro e de combustível a ser despendido

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo a ser considerada compreende o município de Paraíba do Sul (Figura 1), situado na região Centro-Sul do estado do Rio de Janeiro, em latitude $-22^{\circ} 09' 43''$ S e longitude $-43^{\circ} 17' 34''$ O. Com uma extensão territorial de 517,118 km², é o maior município de sua região geográfica imediata, com 306 m de altitude e banhado pelo rio Paraíba do Sul, um dos principais corpos hídricos do país. Seu clima é tropical de altitude com verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos. Sua população residente é de 42.063 habitantes, com uma densidade demográfica de 73,65 hab/km² de acordo com o último censo (IBGE 2022).

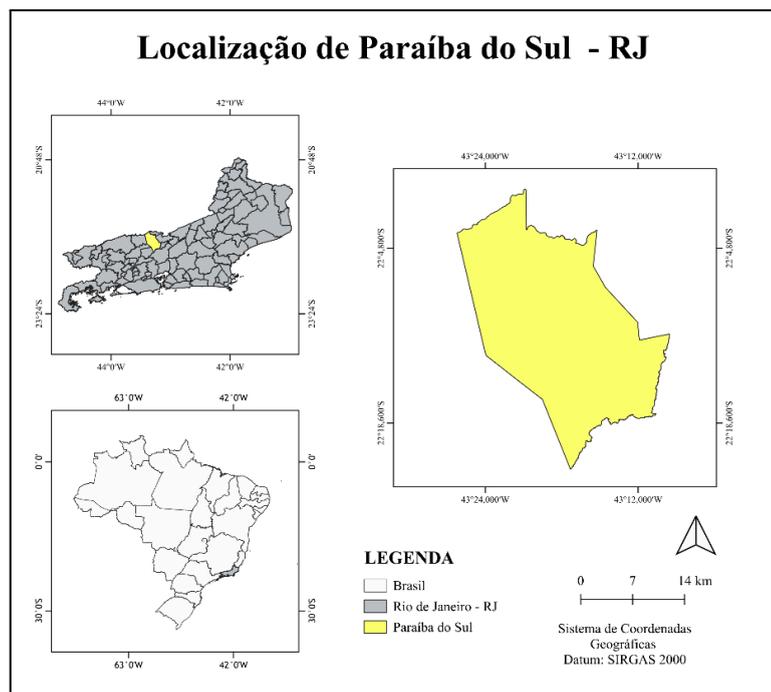


Figura 1: Mapa de localização do município de Paraíba do Sul-RJ
Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

No que diz respeito à geração e gestão dos resíduos sólidos urbanos, o município apresenta uma quantidade média de 0,62 kg de RSU gerados diariamente por habitante. Segundo dados da ABREMA (2023), a estimativa nacional é de 1,04 kg de RSU gerados diariamente por habitante. As razões para determinados locais ou grupos sociais gerarem diferentes quantidades e composição de RSU são diversas. Entre elas, é possível citar o poder aquisitivo das populações: quanto maior o poder aquisitivo, maior a quantidade de RSU gerados (Gil 2016).

No caso de Paraíba do Sul, o PIB per capita em 2021 era de R\$ 28.006,34. Em comparação com as demais localidades do Estado do Rio de Janeiro, ocupava a 52ª posição entre 92 cidades e a 2.326ª entre 5.570 em todo o país (IBGE, 2022). Sendo assim, é considerada uma região com nível de riqueza mediano, o que pode indicar que o consumo e, portanto, a geração de resíduos pela população não são dos mais elevados do país.

Atualmente, os serviços de limpeza urbana, coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos são realizados pela empresa União Norte Fluminense Engenharia e Comércio LTDA, por meio de um contrato emergencial firmado com a prefeitura.

Assim, a maior parte dos resíduos sólidos urbanos gerados pelos municípios é enviada à Central de Tratamento e Destinação de Resíduos, também gerida pela União Norte Fluminense localizada no município de Três Rios/RJ. O valor médio desembolsado pela prefeitura apenas para a disposição final dos resíduos sólidos domésticos (RSD) é de R\$ 130.118,30 por mês.

Para outras formas de gestão dos resíduos, o município também conta com um programa de coleta seletiva em processo de implementação, além da atuação de catadores de materiais recicláveis autônomos em seu território.

2.2 COLETA SELETIVA

2.2.1 Definição de Coleta Seletiva

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define a coleta seletiva como a coleta de resíduos sólidos que foram previamente segregados de acordo com sua constituição ou composição. A PNRS também dispõe de diretrizes para a implantação e gestão do sistema de coleta seletiva, incluindo a necessidade de segregação e disposição apropriada por parte dos geradores. Estes devem separar os resíduos em categorias mínimas, como secos e úmidos, e, progressivamente, promover a separação dos resíduos secos em suas categorias específicas. A política também enfatiza o protagonismo dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos na implementação e definição dos procedimentos do sistema de coleta seletiva, bem como o apoio a cooperativas e outras associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, compostas por pessoas de baixa renda, para a realização da coleta e triagem dos materiais (BRASIL 2017).

Para que um programa de coleta seletiva seja implementado de forma integral, é essencial não apenas a separação e o recolhimento dos resíduos sólidos, mas também a realização das etapas subsequentes, que incluem o tratamento dos materiais e sua reintegração ao processo produtivo. Isso requer a existência de um mercado consolidado para materiais recicláveis, onde a comercialização e o processamento desses materiais possam ocorrer de maneira eficaz (Roviriego 2005).

No Brasil, existem três principais modalidades de coleta seletiva, que variam de acordo com as características de cada local e com os objetivos de cada programa (Bringhenti, 2004). São elas:

- Coleta Seletiva no Sistema Porta a Porta: Similar à coleta convencional dos resíduos domiciliares, é realizada a partir da separação adequada e disposição dos resíduos recicláveis nos muros das casas, cestas e depósitos de lixo nas calçadas. Esses resíduos são então coletados por um caminhão que percorre a rua de acordo com um cronograma planejado.
- Coleta Seletiva em Postos de Entrega Voluntária (PEVs): Também conhecidos como LEVs ou EcoPontos, esse tipo de coleta envolve a separação adequada dos resíduos recicláveis e os próprios geradores ficam responsáveis por se deslocarem para depositar o material em contêineres ou postos de entrega.
- Coleta Seletiva por Trabalhadores Autônomos: É realizada por trabalhadores autônomos, que podem ou não integrar uma organização social e são responsáveis pela coleta de materiais recicláveis em vias públicas, estabelecimentos e calçadas residenciais. Nessa modalidade, os resíduos geralmente são separados pelos próprios trabalhadores e transportados em carrinhos de tração manual.

Para a etapa de coleta dos materiais no sistema porta-a-porta, a regularidade com que os resíduos são coletados é um dos mais importantes atributos do serviço e deve ser efetuada em cada imóvel sempre com dias e horários determinados e amplamente divulgados para que a população adquira confiança no sistema de coleta e se habitue a só depositar seus resíduos no local, data e horário corretos, evitando assim a acumulação de resíduos nos logradouros (IBAM,2001).

2.2.2 Coleta Seletiva em Paraíba do Sul

No ano de 2023, o município de Paraíba do Sul produziu aproximadamente 9.623 toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos. Quase a totalidade desses resíduos foi encaminhada para a Central de Tratamento e Destinação de Resíduos, gerida pela empresa União Norte Fluminense Engenharia e Comércio Ltda, localizada no município de Três Rios/RJ.

O relatório de análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos composto no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Paraíba do Sul - RJ (2023) segregou os resíduos em treze tipologias, organizadas em três grandes grupos: orgânicos, recicláveis e rejeitos. Para a definição da amostragem, os pesquisadores consideraram os resíduos coletados de oito rotas da coleta convencional de resíduos sólidos urbanos.

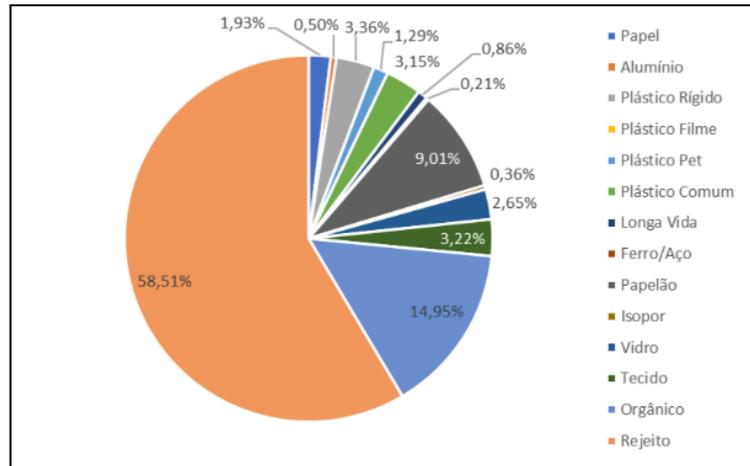


Figura 2: Gráfico das tipologias de resíduos para Paraíba do Sul - RJ
Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2022)

Os resultados da análise indicaram que a maior parte dos resíduos do município é composta por rejeitos, definidos como materiais que, após seu uso, não possuem mais valor comercial ou utilitário, representando 61,73% do total. Em seguida, encontram-se os materiais recicláveis, identificados como materiais que podem ser processados e transformados em novos produtos, com 23,32%, e, por último, os resíduos orgânicos, caracterizados como materiais provenientes de fontes biológicas, que correspondem a 14,95%. Com base na produção de resíduos sólidos urbanos de 2023, o município teria a capacidade de reciclar aproximadamente 2.244 toneladas de materiais anualmente.

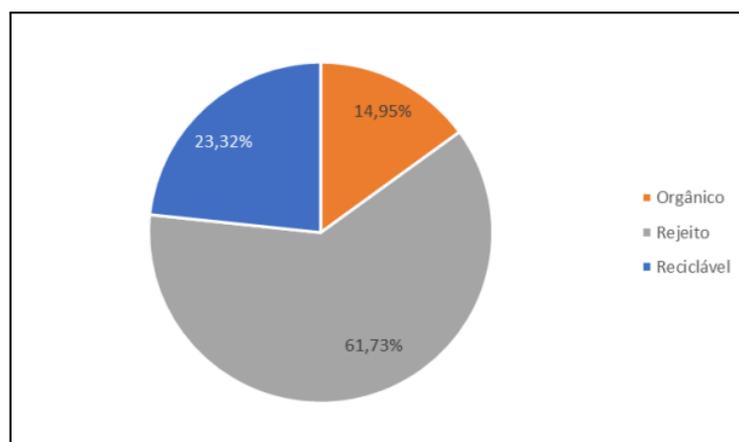


Figura 3: Gráfico da composição gravimétrica dos resíduos de Paraíba do Sul - RJ
Fonte: Elaborado por EnvEx Engenharia e Consultoria (2022)

Dessa forma, reconhecendo a importância de investir em reciclagem para atender às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos e para incentivar o desenvolvimento sustentável, o município de Paraíba do Sul realizou tentativas em estabelecer um programa de reciclagem bem estruturado dentro de seus limites.

De acordo com informações fornecidas pela Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Agrário, entre os anos de 2013 e 2016, o governo municipal de Paraíba do Sul criou um programa de coleta seletiva nos limites de seu município. Para isso, com o auxílio do poder público, um grupo de trabalhadores se reuniu em uma cooperativa de catadores denominada Cooperativa de Trabalho de Catadores de Material Reciclável de Paraíba do Sul - Cooperativa Boa Paz, criada na expectativa da contratação de seus cooperados pela prefeitura. Nesse mesmo período, o INEA apoiou a iniciativa doando um caminhão baú, utilizado para a coleta dos resíduos recicláveis. Além disso, foram realizadas campanhas de educação ambiental para conscientizar a população sobre a importância de separar e destinar corretamente seus resíduos.

Anos após o início da iniciativa, a prefeitura não conseguiu concretizar a contratação da cooperativa conforme o planejado. Como resultado, os membros da cooperativa começaram a deixar a organização, levando à sua dissolução em 2019. Nos anos seguintes, o galpão de triagem, de propriedade da prefeitura, continuou sendo utilizado por alguns trabalhadores de forma individual para realizar suas atividades.

Durante os anos de pandemia de Coronavírus (2020-2021), o Ministério Público, destacando a importância das cooperativas de catadores de materiais recicláveis para atender às necessidades sociais dos trabalhadores da área e para reconhecer os serviços ambientais prestados pela categoria, recomendou à Prefeitura de Paraíba do Sul que retomasse os esforços para a criação e contratação de uma nova cooperativa. Essa recomendação surgiu após uma série de conversas e reuniões informais e não foi objeto de nenhum documento oficial.

Sendo assim, no ano de 2022 a Prefeitura de Paraíba do Sul decidiu retomar a iniciativa de administrações anteriores para viabilizar a criação de uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis que atenderia às necessidades do município. Para isso, houve uma busca pelos trabalhadores que faziam parte da Cooperativa de Trabalho de Catadores de Material Reciclável de Paraíba do Sul - Cooperativa Boa Paz e por outros

trabalhadores atuantes na região para saber se esses tinham interesse em fazer parte do novo programa.

No total, nove trabalhadores se mostraram dispostos a se unir em uma cooperativa para realizar a coleta, triagem e revenda dos resíduos sólidos recicláveis da região. Dessa forma, a Prefeitura de Paraíba do Sul, a Defensoria Pública do Rio de Janeiro e a Incubadora de Empreendimentos em Economia Solidária da Universidade Federal Fluminense (inTECSOL/UFF), auxiliaram esses trabalhadores na criação da Cooperativa de Trabalho de Catadores de Materiais Recicláveis das Palmeiras, instituída no dia 27 de julho de 2023 e que atualmente está em processo de dispensa de licitação junto a Prefeitura com o objetivo de realizar sua contratação.

Dessa forma, a cooperativa ficará responsável integralmente pelas atividades de coleta, triagem e revenda dos materiais recicláveis produzidos na região. A parceria visa colaborar para o reaproveitamento de matéria-prima, reduzir a quantidade de resíduos encaminhados ao aterro sanitário e conseqüentemente aumentar a vida útil do aterro e diminuir os gastos financeiros da prefeitura.

2.2.3 Rota Atual da Coleta Seletiva

Enquanto a dispensa de licitação não é concretizada, a Prefeitura de Paraíba do Sul e a Cooperativa das Palmeiras firmaram um acordo em junho de 2023 para a realização de uma rota mínima e provisória. A Prefeitura se compromete a ceder o galpão de triagem, o caminhão de coleta, o combustível e um motorista, enquanto a Cooperativa assume a responsabilidade pela coleta, triagem e revenda dos materiais coletados.

O caminhão utilizado para a coleta é um caminhão baú fornecido pelo INEA em anos anteriores a alguns municípios do estado do Rio de Janeiro, por meio do Programa Coleta Seletiva Solidária (PCSS). Segundo o motorista, para a realização da rota atual e provisória, o consumo de combustível é de aproximadamente 60 litros de diesel por semana e o tempo de coleta varia entre 5 e 8 horas, começando às 07h e terminando entre 12h e 15h.



Figura 4: Caminhão baú utilizado para a coleta seletiva
Fonte: Secretaria Do Ambiente e Desenvolvimento Agrário (SMADA)

O galpão de triagem utilizado conta com balança, prensa e transpaleteira e está localizado no endereço Estrada da Barrinha, Barrinha, Paraíba do Sul/RJ



Figura 5: Galpão de triagem de materiais recicláveis de Paraíba do Sul - RJ
Fonte: Google Street View (2024)

A rota atual da coleta seletiva, com as ruas de acesso e recolhimento dos materiais, não estava documentada até abril de 2024. Nesse mês, o motorista do caminhão, acompanhado por dois estagiários da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Agrário, incluindo a autora deste trabalho, percorreu toda a rota e registrou as informações em uma planilha.

O recolhimento dos resíduos ocorre de segunda a sexta-feira, abrangendo apenas ruas estratégicas e comércios onde os catadores conseguem reunir um volume maior de material. Após completar o percurso de coleta, o caminhão se dirige ao local de descarga dos resíduos (galpão de triagem). Em seguida, retorna ao seu ponto de partida, que é a garagem, percorrendo aproximadamente 2,729 quilômetros pela Estrada da Barrinha.

O cronograma da coleta seletiva está organizado da seguinte forma (Quadro 1):

Quadro 1: Itinerário atual da coleta seletiva em Paraíba do Sul - RJ

ITINERÁRIO ATUAL DA COLETA SELETIVA EM PARAÍBA DO SUL - RJ				
SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA
RUA DAS PALHAS	GRAMA	RUA DAS PALHAS	GRAMA	RUA DAS PALHAS
VALE-VERDE	SANTO ANTÔNIO	VALE-VERDE	SANTO ANTÔNIO	VALE-VERDE
CENTRO	WERNECK	CENTRO	WERNECK	CENTRO
CERÂMICA	PARQUE SALUTARIS	CERÂMICA	PARQUE SALUTARIS	CERÂMICA
PARQUE MORONE	ALTO LIMOEIRO	PARQUE MORONE	ALTO LIMOEIRO	PARQUE MORONE
H.T.O	PORTAL DO SOL	H.T.O	PORTAL DO SOL	H.T.O
RESTAURANTE POSTO LIMOEIRO		RESTAURANTE POSTO LIMOEIRO		RESTAURANTE POSTO LIMOEIRO

Fonte: Adaptado da SMADA por Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

As rotas completas com ruas de coleta e acesso são demonstradas nas Figuras 6 e 7:

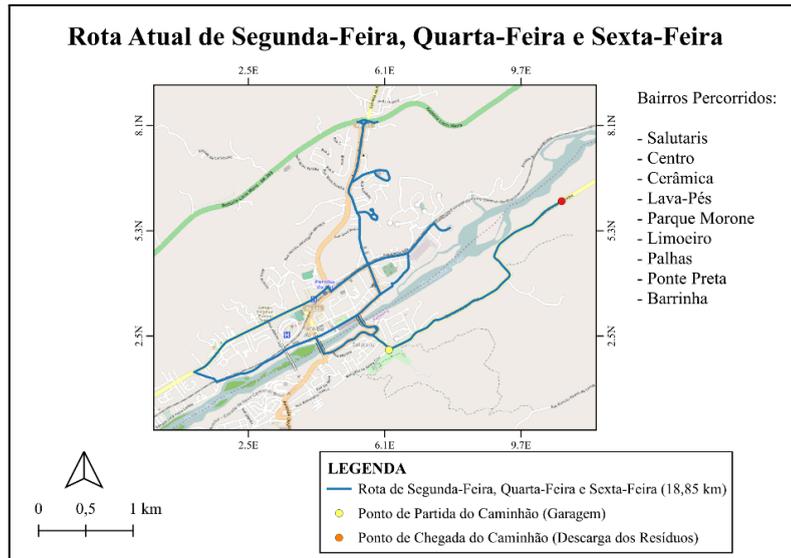


Figura 6: Rota de coleta seletiva atual dos dias de Segunda-Feira, Quarta-Feira e Sexta-Feira
Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

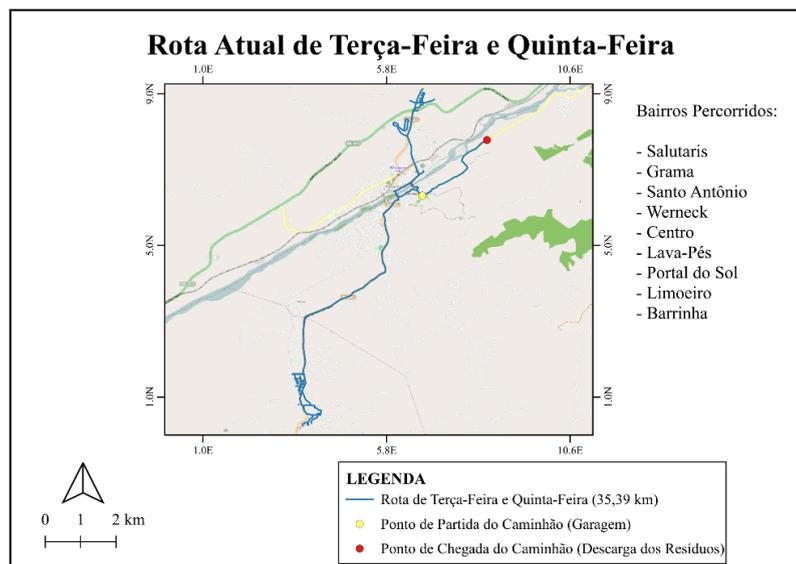


Figura 7: Rota de coleta seletiva dos dias de Terça e Quinta-Feira
Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

Os catadores dos materiais recicláveis não adotam uma metodologia específica para a coleta dos resíduos, realizando suas atividades de coleta do material em locais como muros de casas, calçadas e em frente a estabelecimentos, o qual os usuários deixam tais materiais empilhados para as respectivas coletas. É importante ressaltar que a falta de segregação dos resíduos realizada pelos moradores representa um grande desafio para a coleta, dificultando o trabalho dos catadores e comprometendo a eficiência do processo de reciclagem.

A figura 8 foi elaborada com o intuito de estimar alguns pontos onde é possível coletar um maior número de materiais. Essa aproximação considerou as áreas com maior número de residências, levando em conta apenas as ruas em que os resíduos são efetivamente coletados, excluindo, assim, as ruas de acesso.

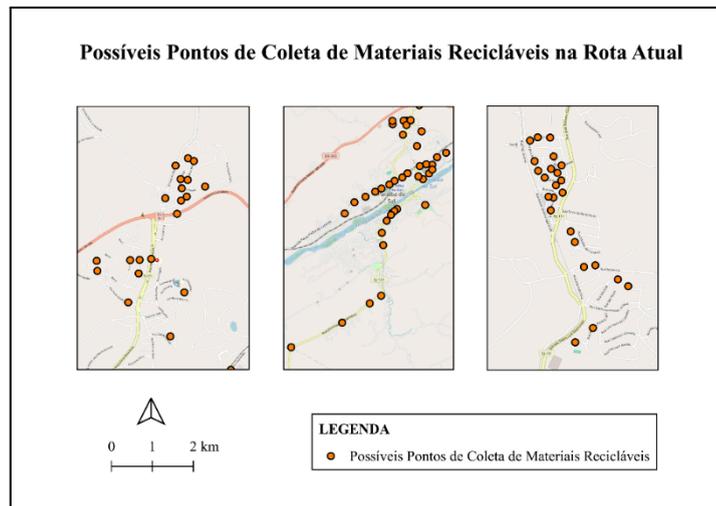


Figura 8: Possíveis pontos de coleta de materiais recicláveis
Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

Para fins ilustrativos, a seguir serão apresentadas algumas imagens das ruas percorridas pela coleta seletiva e locais correspondentes aos pontos georreferenciados da Figura 8:





Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14: Imagens das ruas percorridas pela coleta seletiva nos bairros: Portal do Sol, Limoeiro, Lava-Pés, Centro, Palhas e Werneck

Fonte: Google Street View (2024)

A quantidade média de resíduos coletados é de 5,25 toneladas ao mês e os materiais mais coletados são diferentes tipos de plásticos e papeis. A seguir, uma planilha representando os tipos e quantidade de material coletados e triados nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro do ano de 2023 (Tabela 1):

Tabela 1: Tipo e quantidade de material reciclável coletado em 2023 com valores em toneladas

Tipo de Material	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Papelão	3, 239	4,148	1,749	4,724
PP BCO	0,094	0,15	0,178	0,1255
PL Misto	0,5595	0,159	0,184	x
PET	0,546	0,54	x	0,7065
Filme	0,301	0,091	0,15	x
PP Color	0,1615	x	0,472	0,1395
PEAD Color	0,066	0,063	0,081	0,1395
PEAD BCO	0,116	x	x	0,1325
PET Óleo	0,031	x	x	x
PP preto	x	x	0,089	0,088
PP Mineral	x	x	0,064	x
PP Manteiga	x	0,047	x	0,041
Mista	x	0,188	0,628	x

Livro	x	x	x	1,076
Total Mensal:	5,1	5,3	3,5	7,1
Média Mensal:	5,25			

Fonte: SMADA (2024)

As siglas representadas na Tabela 1 correspondem respectivamente aos materiais:

- PP - Polipropileno: Caracterizado como um tipo de plástico que pode ser mais rígido ou mais maleável, utilizado na fabricação de embalagens de alimentos, móveis de plástico (mesas, cadeiras, gavetas), partes automotivas (estojos de baterias de carro, para-choques de carro, para-lamas, painéis, acabamentos de porta) e produtos diversos como brinquedos, eletrodomésticos, malas, etc.
- PL Misto - Plástico Misto: Os plásticos mistos são constituídos por uma mistura de diferentes tipos de plástico coletados de uma só vez, onde não é possível segregá-los e identificá-los para a correta reciclagem. São compostos em sua maioria por diferentes tipos de embalagens, como: Embalagens de alimentos, óleos lubrificantes, pasta de dente, etc.
- PET - Polietileno Tereftalato: São um dos plásticos mais comuns e conhecidos pela sigla “PET”. Utilizados majoritariamente na fabricação de garrafas para água, sucos e refrigerantes.
- PEAD - Polietileno de Alta Densidade: Caracterizado por um plástico rígido e de alta resistência, muito utilizado em materiais de construção civil como tubulação de captação e distribuição de água e gás e cabos de energia elétrica, além de materiais diversos como redes de pesca, baldes, recipientes para produtos químicos, etc.

2.2.4 Resolução 08/2024 do Conselho Municipal de Saúde

Reconhecendo os riscos significativos para a saúde pública associados à gestão inadequada de resíduos e a importância da coleta seletiva para a eficácia das ações do Sistema Único de Saúde (SUS), o Conselho Municipal de Saúde de Paraíba do Sul emitiu a Resolução 08/2024, na data de 4 de julho de 2024. Esta resolução solicita que a Secretaria de Saúde implemente um programa de coleta seletiva em todas as suas unidades.

Especificamente, a resolução demanda que as Unidades de Saúde adotem a separação dos materiais recicláveis, estabelecendo um processo sistemático para a gestão desses resíduos. Os recicláveis deverão ser encaminhados para a Cooperativa de Trabalho de Catadores de Materiais Recicláveis das Palmeiras, promovendo a parceria com a comunidade local e apoiando o trabalho dos catadores.

Além disso, a resolução inclui a capacitação dos agentes de saúde, que terão um papel ativo nas atividades de educação ambiental. Esses profissionais serão responsáveis por incentivar os cidadãos a separar corretamente seus resíduos e direcioná-los para os locais apropriados.

Por fim, a resolução prevê a instalação de Postos de Entrega Voluntária (PEV) em locais estratégicos, fora das Unidades Básicas de Saúde, mas próximos a elas. Esses pontos de coleta visam facilitar o depósito dos materiais recicláveis pela população, contribuindo para uma gestão mais eficiente e ambientalmente responsável dos resíduos.

Neste trabalho, as ruas que abrigam as Unidades Básicas de Saúde nas áreas urbanizadas do município serão consideradas para a criação de uma nova rota de coleta seletiva. Essa nova rota incluirá essas ruas e outras, visando expandir o número de vias percorridas e, assim, aumentar a quantidade de material reciclável coletado.

2.3 TRANSPORTE DOS RESÍDUOS RECICLÁVEIS

O transporte de resíduos recicláveis consiste no deslocamento de resíduos de sua fonte geradora ou de armazenamento temporário para os locais de beneficiamento e destinação final ambientalmente adequadas. Essa fase do gerenciamento dos resíduos sólidos deve ser cuidadosamente planejada, pois representa a parte mais onerosa em termos de recursos financeiros (CEMPRE, 2018). Os custos incluem não apenas a aquisição e a manutenção de caminhões, como também o gasto de combustíveis e a remuneração dos motoristas.

Portanto, o transporte de resíduos deve ser compreendido como um ciclo completo. Esse ciclo começa com a partida dos veículos de suas garagens e abrange todo o percurso necessário para a remoção dos resíduos dos locais onde foram armazenados temporariamente até sua entrega aos locais para triagem, beneficiamento e destinação final ambientalmente adequada. O ciclo se completa com o retorno dos veículos ao ponto de partida (PAES,2004).

Ávila & Gil (2019), afirmam que:

A coleta seletiva pode ser realizada com o uso de diversos equipamentos, desde veículos de tração animal/humana, passando por caminhões de carroceria aberta e compactadores. A ABNT(1993), através da NBR 12980, apresenta dois desses veículos: caminhões com carroceria sem compactação, que se tratam de carrocerias retangulares metálicas com abertura traseira e/ou lateral e sua descarga ocorre por basculamento; e caminhão com compactador, que são veículos com carroceria fechada, dotados de elementos mecânicos que possibilitam a compactação do material em seu interior, sendo que sua descarga pode ser feita por ejeção ou basculamento (Ávila & Gil, 2019, apud ABNT, 1993).

Para avaliar o sucesso de um programa de coleta seletiva e planejar as rotas, é essencial analisar as condições operacionais e os custos atuais. Deve-se considerar fatores como fluxos da rede, níveis de serviço atual e desejado, características da carga e características dos equipamentos disponíveis. Os custos devem ser divididos em diretos e indiretos. Custos diretos incluem toda a parte de manutenção física da frota, salários e benefícios dos funcionários, cobertura de risco e gastos relativos aos instrumentos burocráticos para a operação, enquanto os custos indiretos envolvem despesas administrativas e contábeis que não estão diretamente relacionadas à operação (CEMPRE, 2018).

2.4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Os Sistemas de Informação Geográficas (SIG) podem ser definidos como um conjunto de ferramentas computadorizadas que podem proporcionar a aquisição, armazenamento, recuperação, transformação e emissão de informações espaciais e geográficas. Os dados tratados em SIG's incluem imagens de satélite, modelos numéricos de terreno, mapas temáticos, redes e dados tabulares (Câmara & Ortiz,1998).

Para compreender a operação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), é essencial analisar sua arquitetura interna, composta por cinco componentes principais que se relacionam de forma hierárquica. Primeiro, a interface com o usuário, situada no nível mais externo, define como o sistema é operado e controlado. Em seguida, no nível intermediário, encontram-se os mecanismos de entrada, processamento, visualização e saída dos dados espaciais. Por fim, no nível mais interno, está o banco de dados geográficos, que é responsável por lidar com os dados espaciais e seus atributos (Câmara & Ortiz,1998).

Considerando as oportunidades de análise, mensuração e monitoramento de grandes áreas, bem como a interdisciplinaridade envolvida nos Sistemas de Informação Geográfica, essas ferramentas tornam-se essenciais para os estudos ambientais. Com elas, é possível realizar mapeamentos temáticos, diagnósticos ambientais, avaliações de impactos ambientais, ordenamento territorial e prognósticos ambientais (Medeiros & Câmara, 2001).

2.5 GEOPROCESSAMENTO

A cartografia é uma ciência antiga que, ao longo da história, têm desempenhado um papel crucial na descrição e representação do espaço geográfico e na análise de sua relação com dados biológicos, demográficos, econômicos, históricos, etc. Essa disciplina ajuda a entender como os seres humanos interagem com o espaço em que habitam, contribuindo significativamente para a análise das dinâmicas sociais e ambientais (D'Alge, 2001).

Com o advento das novas tecnologias, o processo de cálculos matemáticos via computadores abriu possibilidades de pesquisa na manipulação de grandes quantidades de dados, especialmente os dados espaciais, o que alavancou o armazenamento e tratamento de dados censitários (Zaidan, 2017, apud Silva, 2003).

Nesse contexto, surge o geoprocessamento, que é definido como um conjunto de técnicas computacionais e matemáticas aplicadas ao armazenamento, processamento, tratamento e manipulação de dados geoespaciais. Essa tecnologia permite a interpretação e a análise de dados existentes, bem como a criação de novas informações espaciais ou georreferenciadas (Zaidan, 2017).

2.6 ROTEIRIZAÇÃO

A roteirização de veículos refere-se à definição de uma ou mais rotas a serem percorridas por veículos de uma frota, abrangendo visitas a locais específicos. Esses locais podem ser considerados como nós de uma rede ou trechos de vias, os quais são denominados arcos ou ligações (Brasileiro & Lacerda 2008 apud Brasileiro 2004).

Os programas de computador (*softwares*) que possibilitam a roteirização de veículos baseiam-se na teoria dos grafos. Um grafo pode ser definido como um conjunto de pontos, denominados vértices, e pares desses pontos, conhecidos como arestas, que os conectam. Cada aresta estabelece uma ligação entre duas extremidades. A representação mais comum de um grafo utiliza linhas para conectar os vértices em um plano. No entanto, a ligação física não

é um requisito; um grafo também pode ser associado a qualquer conjunto que contenha uma relação binária (Melo 2014).

Com base nessa teoria, os problemas de roteirização podem ser classificados em duas categorias principais: problemas de cobertura de nós e problemas de cobertura de arcos. Os problemas de cobertura de nós envolvem a necessidade de visitar vários pontos específicos, enquanto os problemas de cobertura de arcos se concentram nas vias (arestas) que conectam esses pontos. Como exemplo, é possível dizer que os problemas de cobertura de nós são úteis para determinar o melhor caminho entre um conjunto de cidades em um país, enquanto os problemas de cobertura de arcos ajudam a identificar a melhor rota para visitar cada casa entre várias ruas em uma cidade. (Han & Cueto 2015).

Existem diversos métodos para determinar as melhores rotas, que podem variar de acordo com as características da realidade analisada e os objetivos específicos desejados. Entre os métodos mais comuns, destacam-se os cálculos para a obtenção de rotas mais curtas, que são limitadas pela infraestrutura viária e pela topografia da cidade, com foco principal na minimização da distância percorrida. Também há os cálculos para rotas mais rápidas, que consideram os efeitos do trânsito e a amostragem dinâmica das rotas, priorizando a redução do tempo de percurso (Lee *et al.* 2017).

Na gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos, as ferramentas de roteirização são aplicadas com base nos problemas de cobertura de arcos. Esses métodos visam essencialmente determinar rotas que minimizem os custos financeiros e reduzam o tempo de percurso. Assim, elas contribuem para uma gestão mais eficiente e eficaz na coleta e transporte de resíduos (Eiselt *et al.* 1994).

2.7 INICIATIVAS DE MAPEAMENTO COLABORATIVO

Sabendo das diversas possibilidades que os Sistemas de Informação Geográficas (SIG) e suas ferramentas oferecem para o planejamento e o monitoramento do ambiente construído e natural, é fundamental discutir a importância de tornar essas informações mais acessíveis a todos. Isso inclui a democratização das bases de dados, ou seja, garantir que qualquer pessoa, seja profissional ou estudante, tenha a oportunidade de acessar, utilizar e até contribuir com os dados gerados por esses sistemas.

Esse aspecto se torna ainda mais importante em países como o Brasil, onde o investimento limitado em estudos de cartografia resultou em um mapeamento oficial desigual ao longo do território. Em outras palavras, algumas regiões possuem informações geográficas mais detalhadas e atualizadas, enquanto outras, especialmente as mais remotas ou menos desenvolvidas, têm mapas desatualizados ou até ausentes (Camboim et al. 2015).

Com o objetivo de corrigir essa lacuna, diversos grupos de profissionais e estudiosos têm se unido para criar iniciativas colaborativas de mapeamento de territórios. Essas iniciativas buscam gerar e disponibilizar dados geoespaciais em código aberto, ou seja, com acesso livre e sem restrições, para que outros usuários — seja profissionais, pesquisadores ou qualquer interessado — possam utilizar esses dados em suas próprias pesquisas e até contribuir com novas informações (Bravo & Sluter 2018).

Uma dessas plataformas é o OpenStreetMap (OSM), uma ferramenta livre e colaborativa de mapeamento digital, fundada em 2004, que permite a qualquer pessoa adicionar dados geográficos sobre elementos presentes na superfície terrestre, com base no conhecimento próprio do colaborador ou em fontes livres de direitos autorais. A plataforma também serve de base para iniciativas como o Humanitarian OpenStreetMap Team (HOT), uma comunidade internacional que utiliza o OSM para apoiar ações humanitárias e de desenvolvimento regional por meio de mapeamentos colaborativos (Xavier & Reis 2020).

Dessa forma, os grupos de mapeamento colaborativo se tornam fontes de informação essenciais para o estudo do ambiente natural e construído, contribuindo diretamente para a prevenção e preparação de comunidades frente a desastres naturais. Além disso, esses mapeamentos colaborativos auxiliam na tomada de decisão dos agentes públicos, fornecendo dados atualizados e precisos para planejar ações de mitigação, gestão de riscos e resposta a emergências (Júnior et al 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ATIVIDADES PRELIMINARES

As atividades preliminares referem-se às etapas iniciais que forneceram as informações básicas necessárias para o início da pesquisa. Nesse momento, foram tomadas decisões importantes e coletados dados essenciais, preparando as bases para o desenvolvimento do estudo. As atividades realizadas nesta etapa foram:

- **Localização e Caracterização da Área de Estudo:** Para a escolha do município de estudo foram considerados fatores que facilitaríamos a realização da pesquisa. Entre esses fatores, destacam-se a proximidade geográfica e o interesse da gestão municipal em colaborar com o projeto. O mapa de localização da área de estudo pode ser visualizado na Figura 1.
- **Caracterização da Coleta Seletiva:** Para caracterizar a coleta seletiva no município, foi realizado um levantamento detalhado sobre como esse processo é conduzido. Foram coletadas informações sobre diversos aspectos, incluindo o cronograma de coleta, o trajeto percorrido, a carga horária dedicada à coleta, a identificação do caminhão utilizado, o consumo de combustível e a quantidade de material coletado. Essas informações foram buscadas na Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Agrário de Paraíba do Sul junto aos responsáveis pela organização e realização da coleta seletiva.
- **Identificação da Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis:** Nesta etapa, foi realizado um levantamento de informações sobre a Cooperativa de Trabalho de Catadores de Materiais Recicláveis das Palmeiras, que atualmente é responsável pela coleta e triagem dos materiais recicláveis em Paraíba do Sul. As informações coletadas abrangem os trâmites relacionados à criação da cooperativa, o número de cooperados e sua atual situação jurídica junto à Prefeitura Municipal.
- **Revisão Bibliográfica:** Esta etapa apresentou uma pesquisa bibliográfica com conceitos pertinentes ao trabalho, explorando teorias, definições e estudos anteriores relacionados ao tema em questão. Essa revisão de literatura foi fundamental para embasar a pesquisa, proporcionando uma compreensão mais aprofundada dos princípios envolvidos e situando o estudo no contexto acadêmico e prático.

3.2 BASE DE DADOS

Para a realização desta pesquisa, algumas bases de dados foram consultadas para a aquisição de dados georreferenciados. Essas bases incluíram informações sobre a malha viária, características topográficas, dados demográficos e informações sobre infraestrutura urbana. A utilização de fontes disponibilizadas por órgãos governamentais e organizações de código aberto possibilitou a coleta de dados precisos e atualizados, essenciais para a análise das rotas e a otimização dos percursos.

Para a realização do mapa de localização, foram consultadas as bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foram extraídos os *shapefiles* da delimitação geográfica do Brasil, do estado do Rio de Janeiro e do município de Paraíba do Sul. Em seguida, esses dados foram georreferenciados para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000.

A malha viária do município foi adquirida a partir da plataforma de mapeamento colaborativo *OpenStreetMap* (OSM), que utiliza dados abertos e informações coletadas e compartilhadas pelo público em geral. A malha viária de Paraíba do Sul foi exportada para o Sistema de Coordenadas Geográficas Datum SIRGAS 2000/UTM 23S e armazenada no formato *shapefile* para posterior seleção de ruas, tratamento e organização dos dados referentes à rota da coleta seletiva atual.

A proposta de expansão das rotas da coleta seletiva foi realizada considerando as ruas onde estão localizadas as Unidades Básicas de Saúde (UBS), conforme solicitado pelo Conselho Municipal de Saúde em sua resolução 08/2024 (ANEXO II). Também foram incluídas ruas adjacentes e relevantes para a coleta de materiais recicláveis, devido à maior quantidade de residências nessas áreas. Posteriormente, foram elaborados quadros (APÊNDICE J e K) com todas as ruas e bairros que serão percorridos pelas rotas propostas para a futura coleta seletiva.

A criação do mapa de declividade foi realizada a partir da extração do Modelo Digital de Elevação (MDE), disponibilizado pelo TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, gerido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O *shapefile* do MDE da região estudada foi extraído para o Datum SIRGAS 2000/UTM 23S, e, em seguida, foi realizado o tratamento necessário para gerar o mapa de declividade da área e editá-lo de acordo com o padrão proposto pela EMBRAPA.

Por fim, para a análise dos preços do litro de diesel, foram consultadas as bases de dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), onde foram verificados os preços praticados na revenda de combustíveis. Neste caso, foram analisados os preços no estado do Rio de Janeiro entre agosto de 2023 e agosto de 2024 para a categoria óleo diesel B S500, também conhecido como “óleo diesel comum”, estimado em R\$ 5,89 por litro.

3.3 FERRAMENTAS UTILIZADAS

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, houve a escolha de ferramentas baseadas nos Sistemas de Informação Geográficas (SIG) de forma com que as atividades especializadas dessas ferramentas atendessem as necessidades desta pesquisa.

- **Escolha do Software:** O *software* escolhido foi o QGIS na versão 3.36. A escolha desse programa se deu por ser uma plataforma gratuita, com diversas opções de ferramentas e *plugins*, além de proporcionar uma fácil interação com o usuário. O sistema foi utilizado para as atividades de tratamento, georreferenciamento, armazenamento, processamento e visualização dos dados coletados. Todas essas e demais funções foram essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa.
- **Escolha do Plugin Para a Otimização das Novas Rotas:** Existe uma variedade considerável de plugins para otimizar as rotas de um veículo. Como exemplo, podemos citar algumas ferramentas notáveis, como Network Analysis, QNEAT3, HQGIS, TravelTime, ORSTools, entre outras. Para a realização desta pesquisa, o plugin escolhido foi o ORSTools, uma ferramenta gratuita e de código aberto baseada na malha viária do OpenStreetMap (OSM), que oferece diversas funções, incluindo a criação de rotas, definidas por caminhos ou trajetos que ligam um ponto de origem a um destino; isócronas, caracterizadas por linhas ou curvas em um mapa ou gráfico que conectam pontos que podem ser alcançados em um determinado tempo ou distância; e matrizes, responsáveis por conectar múltiplos pontos de partida e chegada, otimizando o trajeto. A escolha se deu considerando que a ferramenta possui a opção de simulação para transporte por caminhão, além de proporcionar a otimização por meio de rotas mais curtas e rápidas.

3.4 OBTENÇÃO DAS ROTAS

Para que o objetivo principal deste trabalho fosse alcançado, foram primeiramente consideradas as necessidades do município e as estruturas disponíveis. Atualmente, o município de Paraíba do Sul conta com apenas um caminhão para realizar a coleta dos resíduos recicláveis produzidos. Considerando que, para a coleta convencional dos resíduos sólidos urbanos, que abrange quase todos os bairros e distritos do município, existem quatro caminhões compactadores de 15 m³ e um veículo compactador de 6 m³, é possível afirmar que

a infraestrutura atual disponível para a coleta seletiva não conseguiria atender a toda a área do município.

Dessa forma, visando alinhar-se com a atual realidade do município, a proposta de expansão e otimização das rotas de coleta seletiva abrangerá apenas as áreas urbanizadas do território.

Para isso, o novo itinerário da coleta seletiva foi desenvolvido de forma que, a cada dia, os resíduos sejam recolhidos apenas em um dos lados do rio Paraíba do Sul (Quadro 2). O objetivo é minimizar os gastos com combustível e o tempo de percurso, evitando que o caminhão atravesse a ponte e percorra ruas de acesso desnecessárias.

A escolha das ruas e bairros a serem percorridos considerou as ruas das Unidades Básicas de Saúde, conforme solicitado na Resolução 08/2024 do Conselho Municipal de Saúde (ANEXO II), juntamente com ruas adjacentes e com maior quantidade de residências. Dessa forma, o número de resíduos coletados será maximizado e os recursos necessários para a realização da coleta serão mais bem aproveitados.

Para o desenvolvimento das rotas, estas são formadas por vetores de linhas que representam as ruas e vias do município. A elaboração ocorreu a partir do uso do plugin *ORSTools*, onde pontos de localização foram distribuídos nos locais de interesse. Em seguida, foi selecionada a opção “*driving hgv*”, indicando que a rota seria realizada por caminhão. Nos passos seguintes, foram escolhidas as opções de rota mais curta e rota mais rápida.

Respeitando o itinerário programado, em que a coleta seletiva foi dividida entre os dias de segunda, quarta e sexta-feira, e terça e quinta-feira, foram elaborados ao todo quatro mapas: a Rota de Segunda, Quarta e Sexta para as modalidades mais rápidas e mais curtas, e a Rota de Terça e Quinta para as mesmas modalidades (Figuras 15 a 18).

Para calcular a duração dos percursos e, assim, determinar as rotas mais rápidas, o software *ORSTools* realiza o cálculo de cada segmento da rota levando em consideração os limites de velocidade específicos para diferentes tipos de vias e veículos. Quando múltiplos limites de velocidade se aplicam a uma mesma via, o sistema utiliza o menor valor, garantindo maior precisão no cálculo.

As classificações das vias são baseadas na malha viária do *OpenStreetMap* e os nomes podem variar de acordo com as classificações oficiais de cada país, definidas pelos órgãos responsáveis pela gestão das estradas em cada local. Para o Brasil, os nomes das vias e seus

respectivos limites de velocidade para a categoria “*driving hgv*” podem ser visualizados na Tabela 2:

Tabela 2: Categorias de vias e limites de velocidades para a categoria “*driving hgv*”

Tipo de Via	Limite de Velocidade (km/h)
Rodovia	85
Estrada de Ligação	50
Vias Reservadas	80
Via Expressa	60
Estrada de Ligação a Via Expressa	50
Estrada Primária	60
Estrada de Ligação a Estrada Primária	50
Estrada Secundária	60
Estrada de Ligação a Estrada Secundária	50
Estrada Terciária	50
Estrada de Ligação a Estrada Terciária	40
Via Não Classificada	30
Rua Residencial	30
Via de Espaço Compartilhado	10
Rua de Serviço	20
Via de Tipo Desconhecido	20
Estrada Rústica	15
Trilha Não-Automotiva	-
Pista de Caminhada	-
Calçadão	-
Ciclovia	-

Fonte: Adaptado do OpenStreetMap Wiki e OpenRouteService por Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

3.5 OBTENÇÃO DA DECLIVIDADE DA ÁREA

Para a obtenção do mapa de declividade da área, primeiramente foi feita uma busca pelo Modelo Digital de Elevação (MDE). O modelo digital de elevação é caracterizado pela representação tridimensional da superfície da Terra, expressando a elevação dos terrenos em um formato digital. Esse modelo é fundamental para os estudos que envolvem a topografia de um terreno e pode ser aplicado em diversas áreas do conhecimento.

Nesse caso, foi utilizada a base de dados disponibilizada pelo TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, gerido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Os primeiros passos incluíram o download do arquivo correspondente à altitude da área estudada (22S435), seguido da descompactação do documento e da conversão para o sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000 UTM 23S. Em seguida, foi realizado o recorte por máscara do raster em conjunto com o shapefile do município de Paraíba do Sul, com o objetivo de delimitar a área de estudo.

A declividade foi gerada a partir da ferramenta de declive na caixa de ferramentas “*raster*”, selecionando a opção para calcular a declividade em porcentagem. Para organizar a escala de declividade de maneira intuitiva e categorizada, a simbologia foi alterada utilizando as ferramentas de “bandas simples de falsa cor”, com as opções de gradiente de cores definidas como *spectral* e invertendo o gradiente. Assim, ao observar o mapa, quanto mais azul for uma área, menor a declividade, e quanto mais vermelho, maior a declividade.

A partir da seleção da opção para que a declividade fosse calculada em porcentagem, foi necessário realizar a reclassificação do raster de acordo com a classificação de declividade por porcentagem elaborada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Assim, o raster foi reclassificado utilizando a ferramenta “*reclass*” com a opção “reclassificar por tabela”. A partir disso, foram criadas seis classes por porcentagem de declividade demonstradas na tabela 3.

Tabela 3: Classes de declividade de um terreno propostas pela EMBRAPA

Classes de declividade	Limites Percentuais (%)
Plano	0-3
Suave Ondulado	3-8
Ondulado	8-20
Forte Ondulado	20-45
Montanhoso	45-75
Escarpado	>75

Fonte: EMBRAPA (1979)

Após a realização dessas etapas, foi gerado o mapa de declividade para o município de Paraíba do Sul. Esse mapa servirá como base para a análise das rotas otimizadas, permitindo identificar as áreas com diferentes níveis de inclinação e como essas variações podem influenciar o trajeto mais eficiente.

3.6 DETERMINAÇÃO DA EXTENSÃO DAS ROTAS PARA CADA CLASSE DE DECLIVIDADE

Para uma análise mais detalhada das rotas otimizadas, foi importante considerar as classes de declividade e suas possíveis influências no trajeto, pois a depender do nível de inclinação do terreno pode resultar em maior consumo de combustível, maior tempo de percurso e outros fatores associados.

Para avaliar a extensão das rotas e a porcentagem de cada segmento em diferentes classes de declividade, inicialmente foram extraídas as classes de declividade do vetor principal, criando seis vetores distintos: Plano, Suave Ondulado, Ondulado, Forte Ondulado, Montanhoso e Escarpado.

Em seguida, foi realizada a interseção dos vetores de cada uma das quatro rotas otimizadas com os vetores das classes de declividade, resultando em novos vetores que continham uma tabela de atributos com ambas as informações.

Por fim, foi adicionada a distância em metros na tabela de atributos de cada vetor gerado utilizando a ferramenta de edição, a calculadora de campo e a opção de adicionar um novo campo com a ferramenta *\$length*.

Dessa forma, foi possível obter a distância em metros de cada segmento das rotas presentes em cada classe de declividade.

3.7 DETERMINAÇÃO ECONÔMICA

Com base nas distâncias percorridas em cada rota, foi possível estimar os gastos relacionados ao transporte de resíduos recicláveis, realizado por meio de um veículo movido a diesel. Ao consultar a série histórica do Levantamento de Preços e Margens de Comercialização de Combustíveis, publicada pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), foi possível observar que o preço do óleo diesel para o Estado do Rio de Janeiro, entre os meses de agosto de 2023 e agosto de 2024, ficou em média R\$ 5,89 por litro, conforme apresentado no Tabela 4.

Tabela 4: Preço médio do óleo diesel no Estado do Rio de Janeiro (2023-2024)

Mês	Produto	Estado	Unidade de Medida	Preço Médio de Revenda
Ago./23	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	5,39
Set./23	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	5,95
Out./23	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	5,93
Nov./23	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	6,05
Dez./23	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	5,98
Jan./24	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	5,96
Fev./24	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	5,89
Mar./24	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	5,9
Abr./24	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	5,89
Mai./24	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	5,9
Jun./24	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	5,92
Jul./24	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	5,94
Ago./24	Óleo Diesel	Rio De Janeiro	R\$/L	5,96
Preço Médio No Período de Um Ano				R\$5,89

Fonte: Adaptado da ANP por Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

Considerando a média de 4 quilômetros que um caminhão de transporte de resíduos sólidos urbanos percorre para cada litro de combustível (Pascoal & Oliveira, 2010), foi possível calcular a quantidade de litros necessária para transportar os resíduos, seguindo as rotas mais curtas e rápidas propostas neste trabalho. O cálculo foi realizado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Litros de Diesel Necessários} = \frac{\text{Distância Percorrida}}{\text{Consumo Médio do Caminhão}}$$

Sendo a distância percorrida a quantidade total em quilômetros para que o caminhão saia de seu ponto inicial, percorra todo o caminho coletando os resíduos, vá para o local de descarga do resíduo e retorne ao seu ponto de partida, e o consumo médio do caminhão representando a média de litros de diesel que um caminhão consome a cada quilômetro percorrido.

Após realizar o cálculo da quantidade de combustível necessária, foi possível obter o custo estimado para a realização da coleta seletiva por meio da seguinte equação:

$$\text{Custo Total} = \text{Preço do Diesel} \times \text{Litros Necessários}$$

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 NOVO ITINERÁRIO E ESTIMATIVA DAS DISTÂNCIAS E DO TEMPO DE PERCURSO DAS ROTAS OTIMIZADAS

Através da aplicação dos procedimentos detalhados nos materiais e métodos, foi elaborado o novo itinerário para a coleta seletiva, apresentado no Quadro 2. Além disso, foram determinadas as rotas otimizadas, que podem ser visualizadas nas Figuras 15 a 18.

Quadro 2: Proposta de um novo itinerário para a coleta seletiva em Paraíba do Sul

Novo Itinerário Proposto da Coleta Seletiva				
Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Centro	Salutaris	Centro	Salutaris	Centro
Palhas	Morro da Alegria	Palhas	Morro da Alegria	Palhas
Curupaiti	Bela Vista	Curupaiti	Bela Vista	Curupaiti
Liberdade	Amapá	Liberdade	Amapá	Liberdade
Santa Josefa	Niágara	Santa Josefa	Niágara	Santa Josefa
Ponte Preta	Santo Antônio	Ponte Preta	Santo Antônio	Ponte Preta
Lava-Pés	Inema	Lava-Pés	Inema	Lava-Pés
Parque Morone	Werneck	Parque Morone	Werneck	Parque Morone
Portal do Sol		Portal do Sol		Portal do Sol
Limoeiro		Limoeiro		Limoeiro
Eldorado		Eldorado		Eldorado
Barão de Angra		Barão de Angra		Barão de Angra

Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

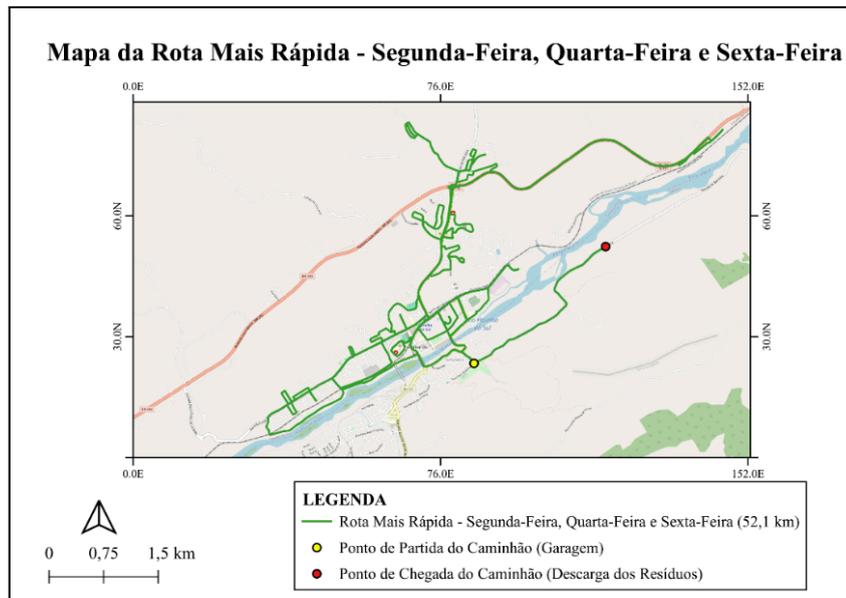


Figura 15: Rota otimizada na categoria mais rápida para os dias de Segunda, Quarta e Sexta-Feira

Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

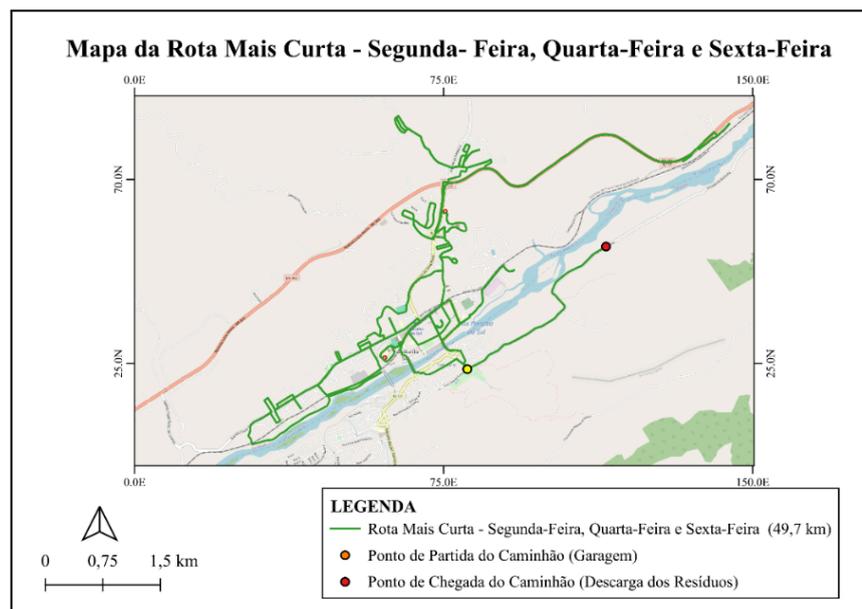


Figura 16: Rota otimizada na categoria mais curta para os dias de Segunda, Quarta e Sexta-Feira

Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

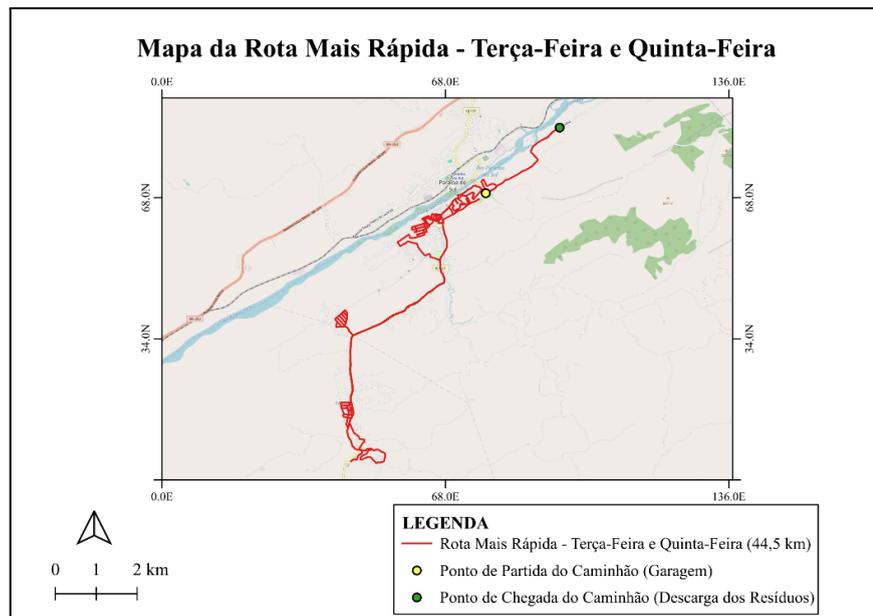


Figura 17: Rota otimizada na categoria mais rápida para os dias de Terça e Quinta-Feira
Fonte Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

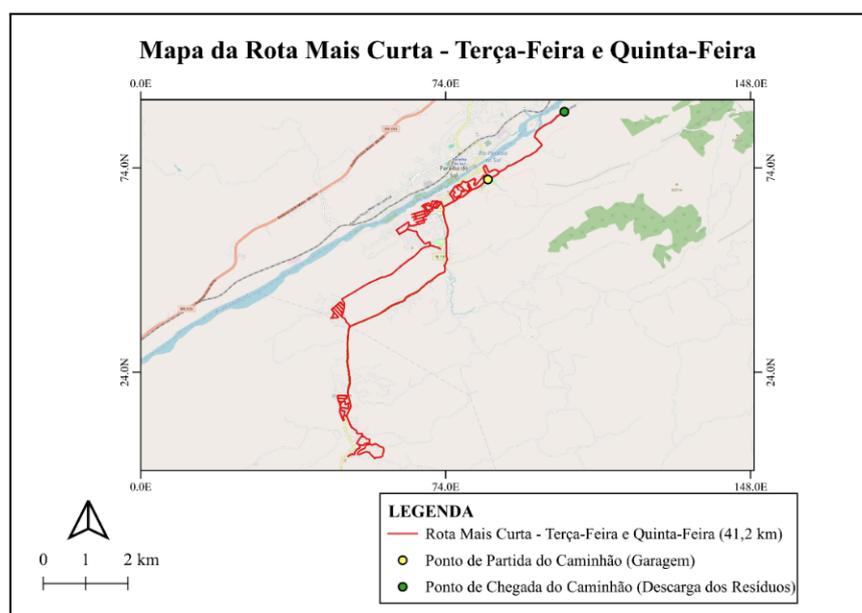


Figura 18: Rota otimizada na categoria mais curta para os dias de Terça e Quinta-Feira
Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

A partir desses resultados, foi possível estimar a distância e o tempo a serem percorridos pelo caminhão de coleta de resíduos sólidos recicláveis (Tabela 5). No total, foram geradas quatro rotas, sendo as mais rápidas e mais curtas para os itinerários de segunda, quarta e sexta-feira, e para terça e quinta-feira.

Ao comparar as rotas propostas e otimizadas com as atualmente realizadas, é possível observar que as rotas mais rápidas e curtas nos dias de segunda, quarta e sexta-feira tiveram sua extensão aumentada em cerca de 176,39% e 163,66%, passando de 18,85 para 52,10 e 49,70 Km respectivamente. Já para o itinerário de terça e quinta-feira, as rotas mais rápidas e curtas foram ampliadas em 25,74% e 16,41 %, passando de 35,39 para 44,50 e 41,20 km respectivamente. Isso significa que, com as rotas sugeridas neste trabalho, a quantidade de ruas e bairros percorridos será significativamente maior, resultando em um aumento na coleta de resíduos.

Para os dias de segunda, quarta e sexta-feira, a rota mais rápida apresentou uma distância aproximada de 52,10 km e um tempo de percurso de 2 horas e 17 minutos. Por outro lado, a rota mais curta para esses mesmos dias teve uma distância aproximada de 49,70 km e um tempo de percurso de 2 horas e 25 minutos.

No itinerário que abrange os dias de terça e quinta-feira, a rota mais rápida apresentou uma distância aproximada de 44,50 km e um tempo de percurso de 1 hora e 59 minutos. Em contrapartida, a rota mais curta desse itinerário teve uma distância aproximada de 41,20 km e um tempo de percurso de 2 horas e 14 minutos.

Tabela 5: Distâncias e tempos de percurso estimados para as rotas otimizadas

Rotas	Distância	Tempo
Rota Mais Rápida Seg Qua Sex	52,1 Km	2 Horas e 17 minutos
Rota Mais Curta Seg Qua Sex	49,7 Km	2 Horas e 25 minutos
Rota Mais Rápida Ter e Qui	44,5 Km	1 Hora e 59 minutos
Rota Mais Curta Ter e Qui	41,2 Km	2 Horas e 14 minutos

Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

Dessa forma, é possível afirmar que, de acordo com as definições de "rota mais rápida" e "rota mais curta", a ferramenta utilizada atingiu os resultados esperados. As rotas mais rápidas consideraram os efeitos do trânsito e amostragem dinâmica, priorizando a redução do tempo de percurso, enquanto as rotas mais curtas levaram em conta a infraestrutura viária e a topografia da cidade, priorizando a redução da distância percorrida.

A partir da expansão das rotas estudadas neste trabalho, será possível atender melhor os municípios de Paraíba do Sul, viabilizando um programa de coleta seletiva mais sólido e abrangente, resultando em maior recolhimento de materiais recicláveis. Isso poderá gerar ganhos financeiros, contribuir para a geração de empregos na cooperativa e permitir um maior investimento em sua infraestrutura, criando, assim, um ciclo econômico sustentável.

Além disso, é fundamental que as rotas continuem sendo monitoradas e analisadas regularmente, a fim de permitir ajustes sempre que necessário. Isso inclui a adição de ruas relevantes e o planejamento de trajetos mais eficientes, levando em consideração o fluxo de trânsito e as condições das vias em cada momento.

É fundamental destacar que as distâncias estimadas pelo *software* são baseadas na análise da rota completa. Isso significa que os cálculos começam a partir da saída da garagem do caminhão, abrangendo todo o trajeto realizado até o ponto de descarga dos resíduos. Após a descarga, a ferramenta também considera o percurso de retorno até a garagem, garantindo que todos os trechos do trajeto sejam levados em conta na estimativa final.

É importante também analisar as estimativas de tempo de percurso com cuidado, uma vez que o software calcula o trajeto de forma linear, desconsiderando paradas. No contexto de uma rota de coleta de resíduos, é essencial levar em conta que o caminhão precisará parar em várias ruas para realizar a coleta. Por isso, o tempo total de percurso será significativamente maior do que o estimado inicialmente, já que essas paradas para coleta aumentam a duração do trajeto.

4.2 ANÁLISE DA DECLIVIDADE DA ÁREA

O mapa de declividade elaborado para a área do município de Paraíba do Sul pode ser visualizado na Figura 19. Esse mapa mostra as variações de inclinação do terreno de acordo com a classificação proposta pela EMBRAPA e fornece informações sobre a topografia da região.

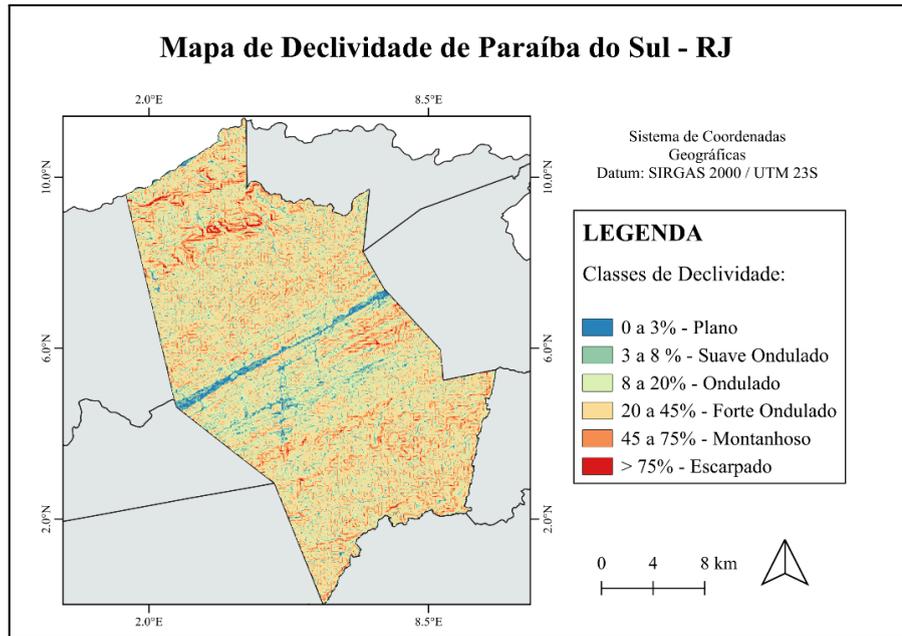


Figura 19: Mapa de declividade do município de Paraíba do Sul – RJ
Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

Para fins demonstrativos, a figura abaixo apresenta as rotas mais curtas e mais rápidas propostas neste trabalho, de todos os dias da semana, sob o mapa de declividade gerado:

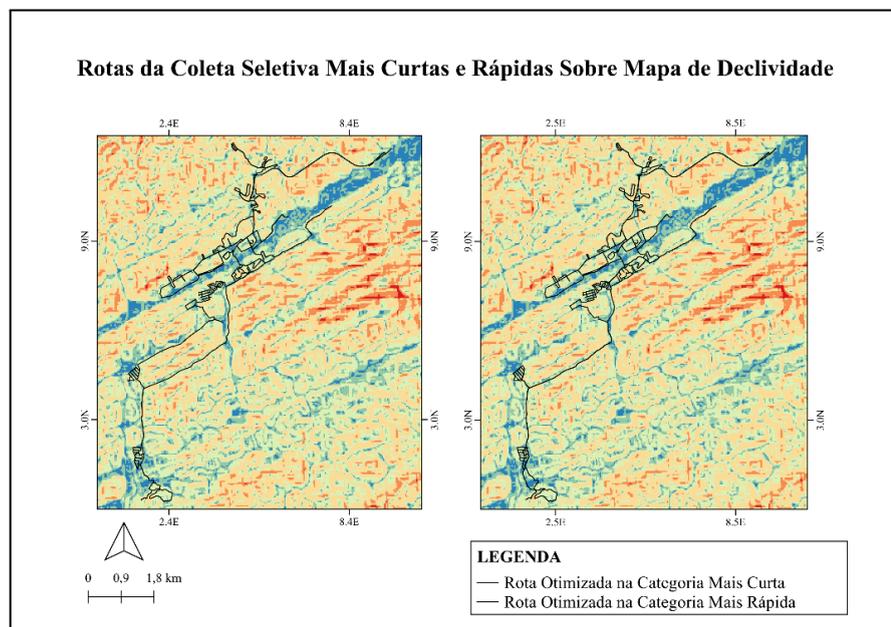


Figura 20: Mapas das rotas otimizadas na categoria mais curta e mais rápida sob mapa de declividade de Paraíba do Sul – RJ
Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

Ao analisar as classes de declividade presentes nas rotas mais rápida e mais curta nos dias de segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira, observou-se que a classe Ondulada foi a mais predominante, ocupando aproximadamente 16,64 km, o que corresponde a 45,10% do total da rota. Em seguida, as classes Suave Ondulado e Forte Ondulado destacaram-se, com cerca de 10,59 km e 6,24 km, correspondendo a 28,70% e 16,91%, respectivamente.

A classe de declividade Plano ocupou aproximadamente 3,16 km da rota, correspondendo a 8,58% do total. Por outro lado, a classe Montanhoso foi a menos representativa, com apenas cerca de 0,26 km, o que equivale a 0,71% da rota. Esses resultados indicam que a maior parte da rota analisada está localizada nas classes de declividade intermediárias, com predominância da classe ondulada.

Tabela 6: Extensão e porcentagem da rota mais rápida de Segunda, Quarta e Sexta-Feira para cada classe de declividade

Classes	Metros	Km	Porcentage m
Plano	3.165,47	3,16547	8,58%
Suave Ondulado	10.591,12	10,59112	28,70%
Ondulado	16.645,49	16,64549	45,10%
Forte Ondulado	6.242,17	6,24217	16,91%
Montanhoso	262,54	0,26254	0,71%
Total:	36.906,79	36,90679	100%

Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

Para a rota mais curta nos dias de segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira, os resultados encontrados mostraram padrões semelhantes. A classe de declividade ondulada foi a mais predominante, com aproximadamente 15,73 km, o que corresponde a 43,66% do total da rota. Em seguida, apareceram as classes suave ondulado e forte ondulado, que ocuparam 10,39 km (28,85%) e 6,52 km (18,10%) da rota, respectivamente. Essas três classes foram as mais representativas na distribuição da declividade ao longo da rota mais curta nesses dias da semana.

As classes de declividade Plano e Montanhosa apresentaram, novamente, os menores valores. A classe Plano ocupou 3,089 km da rota, correspondendo a 8,56% do total, enquanto a classe Montanhosa teve uma presença ainda mais discreta, com apenas 0,29 km, o que

representa 0,83%. Além disso, em nenhuma das rotas desse itinerário foi observada a presença de declividade Escarpada.

Tabela 7: Extensão e porcentagem da rota mais curta de Segunda, Quarta e Sexta-Feira para cada classe de declividade

Classes	Metros	Km	Porcentagem
Plano	3.086,03	3,08603	8,56%
Suave Ondulado	10.393,54	10,39354	28,85%
Ondulado	15.731,55	15,73155	43,66%
Forte Ondulado	6.523,40	6,52340	18,10%
Montanhoso	297,61	0,29761	0,83%
Total:	36.032,13	36,03213	100%

Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

Ao analisar as localidades e as classes de declividade nas duas rotas, observa-se que a classe Ondulada percorre todos os bairros, não sendo possível considerá-la para escolher a ordem do trajeto. Entretanto, ao comparar as classes Forte Ondulado e Suave Ondulado, verifica-se que a primeira está mais presente nos bairros Parque Morone, Portal do Sol, Limoeiro, Eldorado e Barão de Angra, enquanto a segunda, junto com a classe plano, tem maior presença nos bairros Centro, Palhas, Liberdade, Santa Josefa e Ponte Preta.

Como a declividade mais acentuada junto ao peso da carga pode vir a aumentar o consumo de combustível e a necessidade de manutenção do caminhão, a otimização da rota seria mais eficiente se o caminhão saísse da garagem e percorresse os bairros com maior declividade primeiro (Parque Morone, Portal do Sol, Limoeiro, Eldorado e Barão de Angra), seguindo depois para os bairros com declividade mais suave (Centro, Palhas, Liberdade, Santa Josefa, Ponte Preta).

Além disso, observa-se que, embora a rota mais curta seja bastante similar à rota mais rápida, ela apresentou uma declividade mais acentuada, especialmente na classe Forte Ondulado. Por esse motivo, a rota mais rápida pode ser considerada ligeiramente mais econômica em termos de consumo de combustível e manutenção do caminhão, apesar da diferença ser pequena.

Isso ocorre devido ao fato de que, ao considerar o uso contínuo do caminhão, a carga dos resíduos coletados, a declividade acentuada do terreno, o tipo de pavimento e as condições das vias — como buracos, lombadas, entre outros — há uma maior exigência sobre o equipamento, o que pode resultar em um aumento no consumo de combustível e em uma necessidade mais frequente de vistorias periódicas para a detecção de possíveis falhas no veículo.

A rota mais rápida, correspondente ao itinerário de terça-feira e quinta-feira, apresentou maior presença da classe Ondulado, com 14,94 km, o que representa 46,34% do total. Em seguida, as classes Suave Ondulado e Forte Ondulado ocuparam 9,72 km (30,17%) e 4,37 km (13,55%), respectivamente. As classes Plano e Montanhosa tiveram menores representações, com 3,12 km (9,68%) e 0,085 km (0,26%), respectivamente.

Tabela 8: Extensão e porcentagem da rota mais rápida de Terça e Quinta-Feira para cada classe de declividade

Classes	Metros	Km	Porcentage m
Plano	3.120,42	3,12042	9,68
Suave	9.729,96	9,72996	30,17
Ondulado	14.945,73	14,94573	46,34
Ondulado	4.370,97	4,37097	13,55
Forte Ondulado	85,223	0,085223	0,26
Montanhoso			
Total:	32.252,30	32,25230	100%

Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

A rota mais curta, para os mesmos dias (terça-feira e quinta-feira), apresentou resultados semelhantes, com a classe Ondulada sendo a mais predominante, ocupando 15,77 km (47,62%). Em seguida, as classes Suave Ondulado e Forte Ondulado ocuparam 9,43 km (28,47%) e 5,26 km (15,88%), respectivamente. As classes Plano e Montanhoso tiveram representações menores, com 2,57 km (7,77%) e 0,085 km (0,26%). Novamente, nenhuma das rotas analisadas apresentou a classe de declividade escarpada.

Tabela 9: Extensão e porcentagem da rota mais curta de Terça e Quinta-Feira para cada classe de declividade

Classes	Metros	Km	Porcentagem
Plano	2.574,81	2,57481	7,77
Suave Ondulado	9.431,78	9,43178	28,47
Ondulado	15.776,8	15,77683	47,62
Forte Ondulado	3	5,26179	15,88
Montanhoso	5.261,79	0,085223	0,26
	85,223		
Total:	33.130,4	33,13043	100%
	3		

Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

Ao analisar as localidades presentes em cada classe de declividade, observou-se que não há diferenças significativas entre as classes de declividade em cada bairro, o que dificulta a definição de uma ordem otimizada para o início e o fim da rota, com o objetivo de reduzir o consumo de combustível. Assim, não é possível determinar uma sequência mais eficiente baseada apenas nas variações de declividade ao longo dos bairros.

Entretanto, é possível afirmar que a rota na modalidade mais rápida apresenta uma declividade menos acentuada, com maiores trechos em áreas Plana e Suave Ondulada, e menores em áreas Ondulada e Forte Ondulada. Dessa forma, considerando que áreas com maior declividade resultam em maior consumo de combustível e maiores custos de manutenção, a rota mais rápida para o itinerário de terça-feira e quinta-feira pode ser considerada a mais otimizada para esse objetivo específico, embora a diferença seja pequena.

Por fim, é importante esclarecer que os valores totais em km apresentados nas tabelas, que representam as distâncias em cada classe de declividade, diferem dos valores totais necessários para percorrer toda a rota. Isso ocorre porque, ao calcular a distância percorrida em cada rota, o software ORSTools considerou o trajeto completo, desde a saída do caminhão da garagem, passando por todo o percurso até o retorno à garagem. Ou seja, para percorrer toda a rota, alguns trechos foram contabilizados mais de uma vez, tanto na ida quanto na volta. Já para a contabilização dos trechos em cada classe de declividade, cada trecho foi considerado apenas uma vez, o que gera uma diferença considerável nos valores totais em km para cada rota.

4.3 ESTIMATIVA DOS GASTOS DE COMBUSTÍVEL COM A COLETA DE MATERIAL RECICLÁVEL

Após a realização dos cálculos, que consideraram a distância percorrida por cada rota, dividida pelo consumo médio do caminhão, estabelecido em 4 (quatro) km por litro, para determinar a quantidade de litros de diesel necessários, e, em seguida, a média do preço do diesel multiplicada por essa quantidade, foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 10: Distâncias percorridas, quantidades necessárias e preços do diesel estimados para a realização das rotas

Rotas	Distância	Quantidade de Litros	Preço do
	Percorrida (mês)	de Diesel (mês)	diesel (mês)
Rota Mais Rápida Seg Qua Sex	625,2 Km	156,3 L	R\$ 920,60
Rota Mais Curta Seg Qua Sex	596,4 Km	149,1 L	R\$ 878,20
Rota Mais Rápida Ter e Qui	356 Km	89 L	R\$ 524,21
Rota Mais Curta Ter e Qui	329,6	82,4 L	R\$ 485,33

Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

A partir desses dados, é possível observar que a rota mais rápida para os dias de segunda, quarta e sexta-feira se revelou a mais longa em distância. Consequentemente, haverá um maior consumo de diesel, totalizando um gasto de 156,3 litros, o que corresponde a um valor de R\$ 920,60 por mês.

Já a rota mais curta para os dias de terça e quinta-feira se mostrou menos extensa em termos de distância. Consequentemente, é também a rota mais econômica, consumindo em média 82,4 litros de diesel, o que corresponde a R\$485,33 por mês.

Para a realização das rotas de coleta seletiva abrangendo os cinco dias da semana, os gastos com combustíveis e os valores a serem despendidos foram determinados em:

Tabela 11: Valores mensais da distância a ser percorrida, litros de diesel necessários e valor a ser despendido para a realização da coleta seletiva em todos os cinco dias úteis da semana

Rotas	Distância Percorrida	Quantidade de Litros de Diesel	Preço Total
Rotas Mais	981,2 Km	245,3 L	R\$ 1444,81
Rápidas	926 Km	231,5 L	R\$ 1363,53
Rotas Mais Curtas			

Fonte: Maria Eduarda Guedes Meirelles (2024)

Ou seja, caso as rotas para os cinco dias úteis da semana sejam realizadas na modalidade mais rápida, a quantidade de litros de diesel consumidos será de 245,3, correspondendo a um custo mensal de R\$ 1.444,81. Por outro lado, se as rotas forem realizadas na modalidade mais curta, a quantidade de litros de diesel será de 231,5, resultando em um custo mensal de R\$ 1.363,53.

Ao comparar com o gasto de combustível realizado atualmente, temos que para a realização da rota atual, as distâncias percorridas mensalmente são de 509,32 Km e, segundo o motorista do caminhão da coleta seletiva, são utilizados 60 litros de diesel por semana, totalizando 240 litros de diesel ao mês que correspondem ao valor de R\$1.413,60.

Dessa forma, ao optar pelas rotas mais rápidas, a extensão da rota aumentará em 92,64%, passando de 509,32 km para 981,20 km, resultando em um acréscimo de apenas R\$ 31,21 (2,20%) no custo mensal de combustível, totalizando R\$ 1.444,81. Por outro lado, ao escolher as rotas mais curtas, a extensão da rota aumentará cerca de 81,81%, passando de 509,32 km para 926 km, e resultará em uma economia de R\$ 50,07 (-3,54%) no valor do combustível, totalizando R\$ 1.363,53.

Os resultados mostraram, portanto, que, apesar das rotas otimizadas terem sido expandidas para quase o dobro de seu percurso, o que pode possibilitar a coleta de uma quantidade significativamente maior de resíduos, o consumo de combustível se manteve praticamente o mesmo, com variações mínimas no valor mensal — aumentando ligeiramente nas rotas mais rápidas e diminuindo nas rotas mais curtas. Dessa forma, é possível concluir que a otimização das rotas, tanto na modalidade 'mais rápida' quanto na 'mais curta', contribuiu para uma maior eficiência no gerenciamento das rotas de coleta, permitindo que o trabalho seja realizado de forma mais abrangente, ao mesmo tempo em que se utilizam os recursos disponíveis de forma econômica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho baseou-se em tecnologias de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para propor a expansão e otimização das rotas de coleta seletiva no município de Paraíba do Sul - RJ. A análise das rotas atualmente utilizadas foi essencial para a proposição de quatro simulações de novas rotas, otimizadas nas modalidades 'mais rápida' e 'mais curta' e organizadas em dois itinerários. Além disso, foi realizada uma análise da declividade do terreno para cada rota, com o objetivo de reduzir o gasto de combustível e possíveis necessidades de manutenção do veículo.

Os resultados encontrados mostraram que o estudo possibilitou o aumento da quantidade de ruas percorridas, ampliando, assim, as possibilidades de coletar mais materiais recicláveis, ao mesmo tempo em que manteve o gasto e os custos de combustível com pouca variação, proporcionando maior eficiência na realização do trabalho.

É preciso enfatizar que os custos de um programa de coleta seletiva vão além dos custos com combustível, incluindo também os salários dos motoristas, a manutenção dos caminhões, o local para estacionamento dos veículos, entre outros. Entretanto, ao comparar com a alternativa mais utilizada no Brasil, que é a disposição de resíduos em aterros sanitários, os programas de coleta seletiva podem, além de proporcionarem vantagens ao meio ambiente, também gerar benefícios econômicos significativos.

O município de Paraíba do Sul/RJ, por exemplo, entre os meses de fevereiro e julho de 2023, investiu em média R\$ 130.118,30 ao mês apenas para destinar seus Resíduos Sólidos Domésticos para a Central de Tratamento e Destinação de Resíduos, localizada no município de Três Rios/RJ e gerida pela empresa União Norte Fluminense.

Para a realização da coleta seletiva, os custos podem ser significativamente menores, especialmente ao considerar que os materiais coletados podem ser revendidos e reincorporados ao processo produtivo, gerando renda para os trabalhadores, facilitando o acesso das empresas às matérias-primas recicladas e diminuindo os custos com a disposição final nos aterros sanitários.

Entretanto, para que os benefícios relacionados à reciclagem sejam efetivamente alcançados e os programas de coleta seletiva sejam bem-sucedidos, é fundamental incentivar e conscientizar a população sobre a importância de segregar seus resíduos conforme sua constituição e composição. Dessa maneira, o trabalho dos profissionais será facilitado, e os resíduos poderão ser mais bem aproveitados.

Por fim, considerando a importância do mapeamento colaborativo, bem como do ensino proporcionado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro para a realização deste trabalho, conclui-se, como sugestão, que os profissionais, alunos, ex-alunos e demais interessados, colaborem com a criação de uma rede e um hub de mapeamento colaborativo no campus Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, a partir da utilização dos dados espaciais disponibilizados pela plataforma OpenStreetMap (OSM).

Essa rede de estudos contribuiria significativamente para a criação e ampliação de uma base de dados geográficos, ajudando a mitigar a carência e a ausência de informações geoespaciais em todo o Brasil, em especial das regiões menos populosas, como é o caso da região em que se encontra o campus ITR/UFRRJ.

A iniciativa seguiria o exemplo de diversas universidades do Estado do Rio de Janeiro, como a Universidade Federal Fluminense (UFF), a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ - Campus Seropédica) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que já desenvolvem projetos similares de mapeamento colaborativo e de integração de dados geoespaciais.

6. REFERÊNCIAS

ABRELPE (2022). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. Disponível: https://archive.org/details/panorama_abrelpe_2022. Acessado em: 10.ago.2024

ABREMA (2023). Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil. Disponível: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acessado em: 26.out.2024

Ávila G M & Gil M L (2019). Estudo Comparativo dos Meios de Transporte Utilizados na Coleta Seletiva. Brazilian Journal of Development. Disponível: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/3093/3009>. Acessado em: 08.set.2024

Battistella N (2014). Avaliação de modelo computacional para planejamento e otimização de rotas de coleta para catadores de material reciclável. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. Disponível: <https://core.ac.uk/download/pdf/30405659.pdf>. Acessado em: 10.ago.2024

BRASIL (2022): Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível: <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Planares-B.pdf>. Acessado em: 16.out.2024

BRASIL (2017). Política Nacional de Resíduos Sólidos (3ª Edição). Disponível: <https://bd.camara.leg.br/bd/items/b3ba4dd2-138b-44ac-a2627d338c3d84c4>. Acessado em: 07.ago.2024.

Brasileiro L.A & Lacerda M.G (2008). Análise do Uso de SIG no Roteamento dos Veículos de Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível: <https://www.scielo.br/j/esa/a/dRP5v4Lh8GVBcyVcBVgv7ZQ/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: 29.set.2024

Bravo JVM; Sluter C R (2018). O Mapeamento Colaborativo: Seu surgimento, Suas Características e o Funcionamento das Plataformas. Revista Brasileira de Geografia Física. Disponível: https://scholar.google.pt/citations?view_op=view_citation&hl=ptBR&user=4yp5-2MAAAAJ&citation_for_view=4yp5-2MAAAAJ:iH-uZ7U-co4C. Acessado em: 08.nov.2024

Bringhenti J (2004). Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos: Aspectos Operacionais e da Participação da População. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Disponível:<https://www.researchgate.net/profile/WandaMariaGunther/publication/266471400>
Acessado em: 07.set.2024

Câmara G & Ortiz M J (1998). Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola: Cartografia, Sensoriamento e Geoprocessamento.

Disponível: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/analise.pdf>. Acessado em: 10.ago.2017

Camboim S P; Bravo J V M; Sluter C R (2015). An Investigation Into The Completeness of, and the Updates to, OpenStreetMap Data in a Heterogeneous Area in Brazil. ISPRS International Journal Of Geo-Information. Disponível: <https://www.mdpi.com/2220-9964/4/3/1366> . Acessado em: 08.nov.2024

CEMPRE (2018). Lixo Municipal - Manual de Gerenciamento Integrado (4ª Edição).

Disponível:https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/11/6Lixo_Municipal_2018.pdf. Acessado em: 10.ago.2024

D'Alge JCL (2001). Cartografia Para Geoprocessamento. In: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A.M.V, Editores e Organizadores. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE. pp. 141. Disponível:<http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acessado em: 27.set.2024

Eiselt H A; Gendreau M; Laporte G (1994). Arc Routing Problems, Part I: The Chinese Postman Problem. Operations Research, Volume 43, Issue 2. Disponível: <https://pubsonline.informs.org/doi/epdf/10.1287/opre.43.2.231> . Acessado em: 29.set.2024

EnvEx E C (2023). Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Paraíba do Sul - RJ. Disponível: Acessado em: 29.set.2024

FUNASA (2019). Manual de Saneamento (5ª Edição). Disponível: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/506>. Acessado em: 11.ago.2024

Gil M D M (2016). Relações entre fatores socioeconômicos e a geração de resíduos sólidos domiciliares - Vacaria. Dissertação de mestrado, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, Brasil.

Disponível:<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/1793/Dissertacao%20Maria%20Doralice%20Maciel%20Gil.pdf>. Acessado em: 26.out.2024

Godecke M V; Naime R H; Figueiredo J A S (2012). O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental/UFSM. Disponível:<https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/6380/pdf>. Acessado em: 07.ago.2024.

Han H; Cueto EP (2015). Waste Collection Vehicle Routing Problem: Literature Review. Promet - Traffic & Transportation. Disponível: <https://traffic.fpz.hr/index.php/PROMTT/article/view/1616/1336>. Acessado em: 29.set.2024

IBAM (2001). Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Disponível: <https://docs.google.com/file/d/0BzVoTGBNiIF3WTYxUDE1ejdoaGM/edit?resourcekey=0-12rJH3ZS8o1jxyQQWqaMYQ>. Acessado em: 08.set.2024

IBGE (2022). Panorama: Paraíba do Sul. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/paraiba-do-sul/panorama>. Acessado em: 26.out.2024

IBGE (2023). Proposta Metodológica para Classificação dos Espaços do Rural, do Urbano e da Natureza no Brasil. Disponível: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2102019> acessado em: 07.ago.2024

Junior C P; Holanda G; Spitz R (2016). Crowdmapping e Mapeamento Colaborativo em Iniciativas de Inovação Social no Brasil. Congresso de la Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital. Disponível: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/51225101/625libre.pdf?1483733812=&responsecontentdisposition=inline%3B+filename%3DCrowdmapping_e_mapeamento_colaborativo_e.pdf&Expires=1731076407&Signature=Z7J9eVbeXmXdP16jSZQ6dcBswGHpDIQpb3BH0WIUeZoylgKzHTcP1KfrDLxB2LjW~HYQCzj90698T16rGBFteav7PthA0MgYPLiKVgUDFTKBgFCirRxFrF9MwLQMA98pG2DgGkRSLQsO1PoFUGHpxCoSEdmlloPNM7kKJSjOLylMET05YXF~ZKNUWOr0odFLR8gzv4xwfZ74aQdGm1bOoCbn0iadr2L06tGo1JagiYcaH5m0KHBmgZuiTdlJ7sOr1Blvo4HEHCu~mVUDvdr5hCK~~gWBptDwbJHoE8GKkLjhyCb1~otWU74NnHW~zJUwdCYbvT1PWIEefUmDw__&KeyPairId=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA Acessado em: 08.nov.2024

Lee M; Barbosa H; Youn H et al (2017). Morphology of travel routes and the organization of cities. Nature Communications. Disponível: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-02374-7#citeas>. Acessado em: 02.out.2024

Mansor MT de C; Camarão TCRC; Capelini M; et al (2010). Resíduos Sólidos. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Disponível: <https://inpevcampolimpo.org.br/wp-content/uploads/delightful-downloads/2018/04/ResiduosSolidos.pd> Acessado em: 19.out.2024

Medeiros J S; Câmara G (2001) Geoprocessamento para projetos ambientais. In: Câmara, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; Monteiro, Antônio Miguel Vieira (Ed.). Introdução à ciência da

geoinformação. São José dos Campos: INPE. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.15.08> acessado em: 11.set.2024

Melo GS (2014). Introdução À Teoria dos Grafos. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil. Disponível: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/7549/5/arquivototal.pdf>. Acessado em: 29.set.2024

Paes FG (2004). Otimização de Rotas Para a Coleta do Lixo Doméstico: Um Tratamento GRASP do problema do Carteiro Chinês Misto (PCCM). Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Brasil. Disponível: https://uenf.br/UENF_ARQUIVOS/Downloads/POSENGPRODUCAO_2397_1215790373.pdf. Acessado em: 08.set.2024

Pascoal JA; Oliveira PCF (2010). Análise de rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares com uso de geoprocessamento. Revista Acadêmica Ciência Animal. Disponível: <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/10808/10205>. Acessado em: 20.out.2024

Roviriego LFV (2005). Proposta de uma Metodologia Para a Avaliação de Sistemas de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil. Disponível: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7463519/mod_resource/content/1/avalia%C3%A7%C3%A3o%20coleta%20seletiva.pdf. Acessado em: 07.set.2024

Santos CV (2018). Contratação De Cooperativas De Catadores De Materiais Recicláveis Pelo Poder Público: Estudo Em Três Municípios Do Estado De São Paulo. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil. Disponível: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/9949/Santos_Carolina_2018.pdf?sequence=4&isAllowed=y Acessado em: 19.out.2024

Xavier GB; Reis G (2020). Tutorial Para o Mapeamento Colaborativo com o OpenStreetMap (OSM). Disponível: [tutorial_para_o_mapeamento_colaborativo_com_o_openstreetmap.pdf](#) Acessado em: 08.nov.2024

Zaidan RT (2017). Geoprocessamento: Conceitos e Definições. Revista de Geografia, PPGeo - UFJF. Disponível: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18073/9359> Acessado em: 27.set.2024

7. ANEXOS

ANEXO I

Ruas Onde os Resíduos Sólidos Recicláveis São Coletados - 2024	
Bairro	Logradouro
Centro	Rua Rangel Pestana
Centro	Rua Visconde Da Paraíba
Cerâmica	Rua Luiz Silvestre
Cerâmica	Av. Irmãos Spino
Centro	Av. Ayrton Senna
Palhas	Av. Prefeito Bento Gonçalves Pereira
Gramma	Av. Dr Randolpho Pena
Vila Salutaris	Av. Deocleciano Alves De Souza
Vila Salutaris	Rua Expedicionário Wallace Paes Leme
Werneck	Rua Bento Gonçalves Pereira
Werneck	Rua José Moraes Vizeu
Werneck	Rua João Gomes
Werneck	Rua Rio De Janeiro
Werneck	Rua Argemiro Jose Peniche
Werneck	Rua Bela
Werneck	Rua Três De Outubro
Werneck	Rua Brasília
Werneck	Rua Hortência
Werneck	Rua Fernando Pereira Leal
Werneck	Rua Perciliano Ferreira
Werneck	Rua Luiz Vieira De Carvalho
Werneck	Ladeira Nossa Senhora Da Glória
Lava-Pés	Alameda Caxambú
Lava-Pés	Rua Capitão Garrido
Portal Do Sol	Rua Nova Paraíba
Portal Do Sol	Rua Professor Joubert Ubirajara De Mello
Portal Do Sol	Rua Maria Aparecida Leite

Portal Do Sol	Rua José Roberto Pontes De Souza
Portal Do Sol	Rua Vereador Marco Aurélio Bonfante
Parque Morone	Rua Venezuela
Limoeiro	Avenida Das Nações
Limoeiro	Rodovia Barão 393
Limoeiro	Rua Leonor De Souza Barros
Limoeiro	Rua Limoeiro
Limoeiro	Rua Antônio Afonso
Limoeiro	Rua Valdomiro
Limoeiro	Rua Caxambi
Limoeiro	Estrada Da Palestina
Salutaris	Rua Célio Da Gama Cruz

ANEXO II

Conselho Municipal de Saúde de Paraíba do Sul



RESOLUÇÃO CMS Nº 08 /24

O Conselho de Saúde de Paraíba do Sul, criado pela Lei Municipal 3015 de 2013, no uso de suas atribuições

RESOLVE: Solicitar à Secretaria de Saúde a protagonizar em suas unidades a Coleta Seletiva no município.

Deverão ser realizadas as seguintes atividades:

- separação dos recicláveis em suas Unidades de Saúde;
- destinação dos recicláveis à Cooperativa de Catadores de Recicláveis;
- os Agentes Comunitários de Saúde - ACS, deverão conversar com os munícipes de forma a viabilizarem a separação dos recicláveis em suas residências e encaminhá-los adequadamente;
- as Unidades de Saúde deverão disponibilizar locais fora, mas próximas, para recolhimento dos recicláveis como Postos de Entrega Voluntárias - PEV;

Esta Resolução entra em vigor na data de sua aprovação pelo Plenário em 27 de junho de 2024, conforme a **Ata nº 475/24**.

Paraíba do Sul, 04 de julho de 2024

Luís Eduardo Amorim Ramos
Presidente do Conselho Municipal de Saúde

Homologo esta Resolução em / /2024

Jacqueline Martins de Jesus Carvalho

Secretária Municipal de Saúde

Endereço: Avenida Ayrton Sena, 90 Centro - Paraíba do Sul/RJ

E-mail: cmsparaibadosul@yahoo.com.br

Facebook: ConselhoMunicipaldeSaúdedeParaíbadoSul

ANEXO III

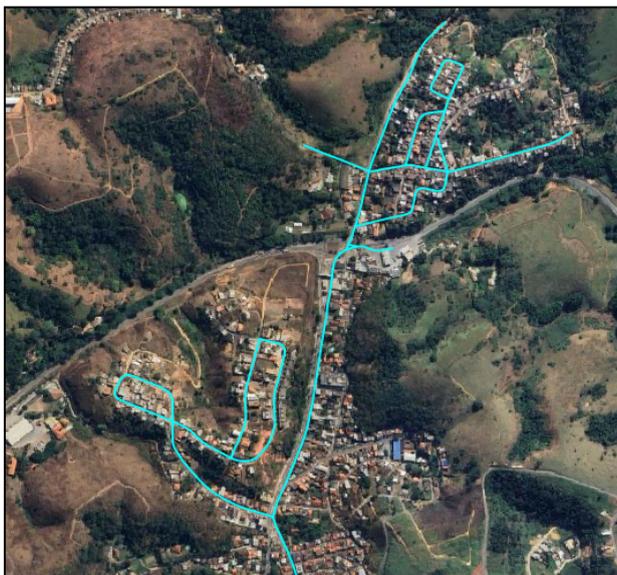
Nomes E Endereços Das Unidades Básicas De Saúde (UBS)		
Nome da Unidade	Bairro	Endereço
Enfermeira Lilian Salgado	Palhas	Avenida Prefeito Bento Gonçalves Pereira, 10
Agnel Mendonça De A Mafra	Centro	Rua Rangel Pestana S/N
João Francisco Pereira	Barão De Angra	Travessa Milton De Andrade, S/N
Carmen Vicente Costa	Vieira Cortez	Rua José Vicente Sexto, 570
Vereador Jadir Cordeiro	Santo Antônio	Rua Quirino Francisco Pinheiro, S/N
Etelvina Paulino	Limoeiro	Rua Leonor De Souza Barros S/N
Ubs Francisco Batista Santos	Eldorado	Prefeito Antônio Da Cruz Barros, 459
Emanuel Santos Coimbra	Carvalhaes	Estrada Rj 151 Km 10
Luiz Faria	Brejal	Rua Acácia Nº23
Maria Antônia Nogueira	Inema	Praça Sebastião Menezes S/N
Antônio José Rezende	Queima Sangue	Estrada Bela Vista, 48
Aly Da Conceição Amorim	Marrecas	Rua Exped. Sinval Rodrigues Dos Santos, S/N
Luís Cláudio Leopoldina Dias	Niágara	Rua Itapuã, 01
Dr. Antônio Dias Da Costa	Liberdade	Rua Pedro Paulo Lacerda, 814
Albino Garcia Da Rosa Filho	Sardoal	Rua Norberto José Da Silva Leal, 3334
Antônio Pereira Paredes	Sertão Do Calixto	Estrada De Sertão Do Calixto, S/N
Pedro Alves De Souza	Werneck	Estrada De Matozinhos, S/N
Pedro Alves De Souza	Glória	Estrada De Matozinhos, S/N
Alcides Ferreira	Morro Da Alegria	Célia Da Gama Cruz, 313
Sebastião Tavares Dos Reis	Inconfidência	Rua Francisco Bento Argon, S/N
Dr. Rui César Soares	Lava-Pés	Rua Moreira César, 240
Maria Eliza Almeida Coelho	Bela Vista E Amapá	Rua Breno Nazário Teixeira S/N
Waldyr Ferreira Barbosa	Santa Josefa	Estrada Vieira Cortez, S/N
UBS Rafael Da Silva Rodrigues Caruba	Parque Morone	Rua Venezuela, S/N
Dr. Josemar Bartolomeu De Lima	Curupaiti	Ladeira Do Curupaiti

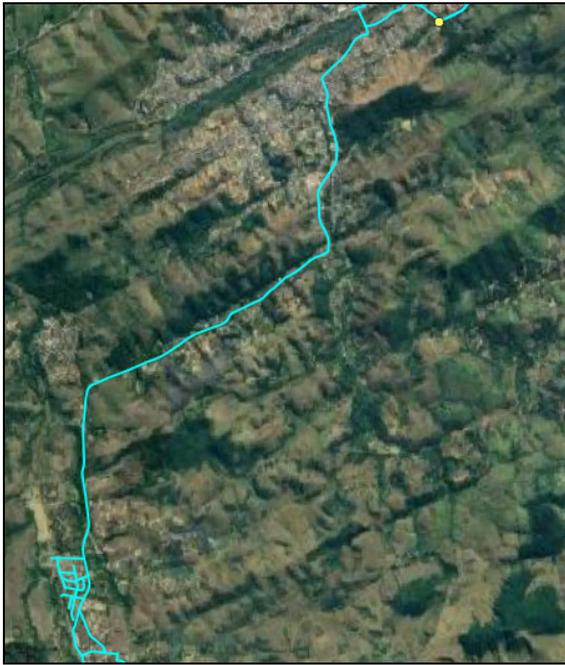
8. APÊNDICES

APÊNDICE A - Rota Da Coleta Seletiva Atual Dos Dias De Segunda-Feira, Quarta-Feira e Sexta-Feira, Aproximadas e Sob Imagem Do Google Satélite

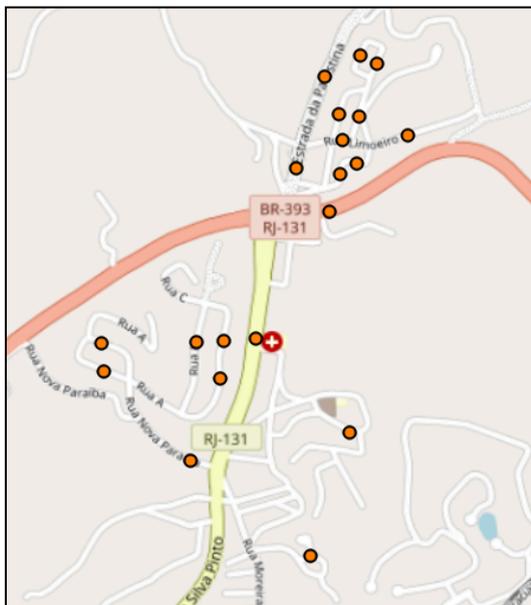


APÊNDICE B - Rota Da Coleta Seletiva Atual Dos Dias De Terça-Feira e Quinta-Feira, Aproximadas e Sob Imagem Do Google Satélite

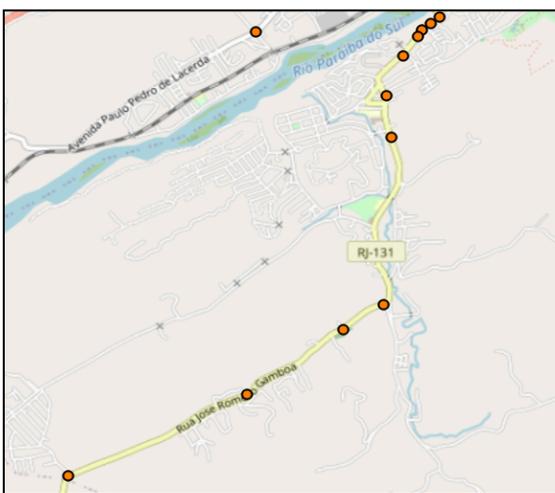




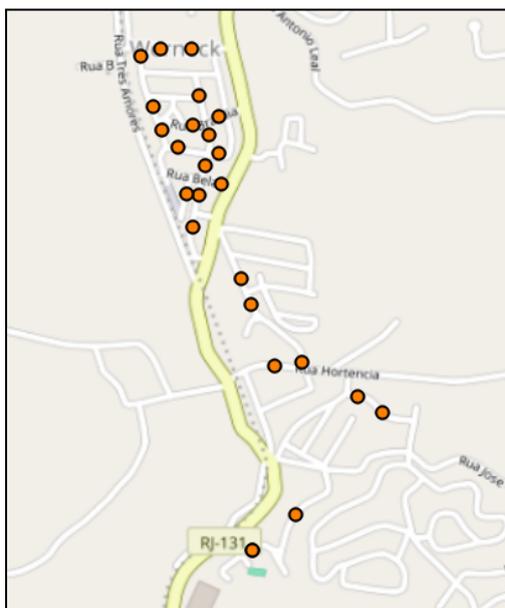
APÊNDICE C - Pontos De Coleta Seletiva Nos Bairros Lava-Pés, Limoeiro e Portal Do Sol Com Imagens Da Rua Vereador Marco Aurélio Bonfante (Portal Do Sol) e Rua Limoeiro (Limoeiro)



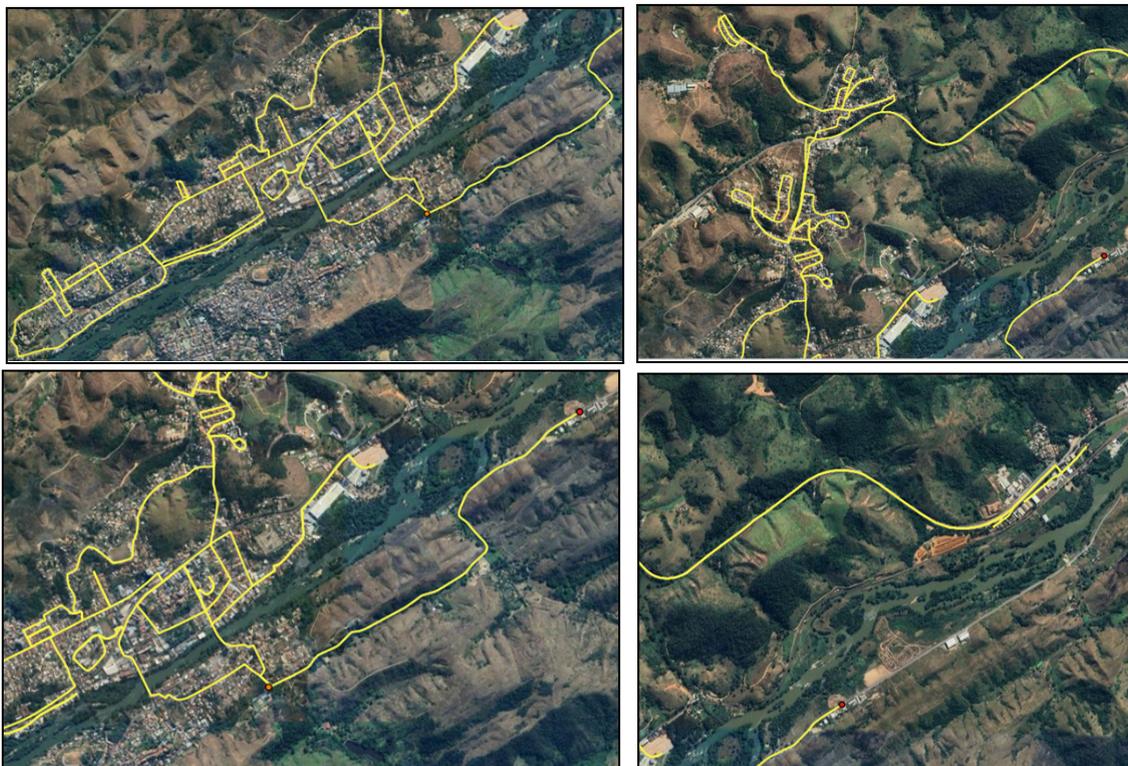
APÊNDICE D - Pontos De Coleta Seletiva Nos Bairros Centro, Palhas, Salutaris e Santo Antônio Com Imagens Da Rua Rangel Pestana (Centro) E Rua Prefeito Bento Gonçalves Pereira (Palhas)



APÊNDICE E - Pontos De Coleta Seletiva No Bairro Werneck Com Imagens Das Ruas Rio De Janeiro e Três De Outubro



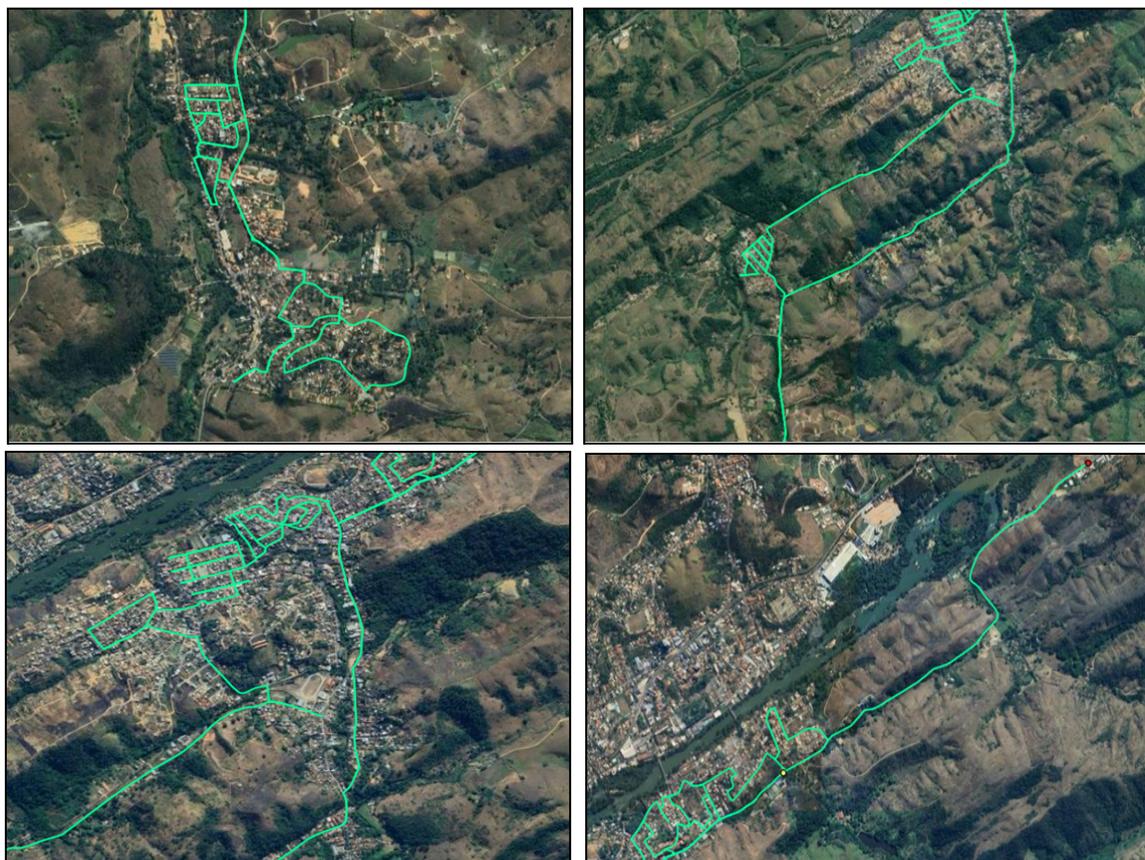
APÊNDICE F - Rota Da Coleta Seletiva Otimizada Na Categoria Mais Curta Dos Dias De Segunda-Feira, Quarta-Feira e Sexta-Feira



APÊNDICE G - Rota Da Coleta Seletiva Otimizada Na Categoria Mais Rápida Dos Dias De Segunda-Feira, Quarta-Feira E Sexta-Feira.



APÊNDICE H - Rota Da Coleta Seletiva Otimizada Na Categoria Mais Curta Dos Dias De Terça- Feira e Quinta-Feira.



APÊNDICE I - Rota Da Coleta Seletiva Otimizada Na Categoria Mais Rápida Dos Dias De Terça e Quinta-Feira.





APÊNDICE J – Tabela Com o Nome Das Ruas E Bairros Percorridos Na Rota Proposta De Segunda-Feira, Quarta-Feira e Sexta-Feira:

ABRANGÊNCIA DA ROTA PROPOSTA PARA O PROGRAMA MUNICIPAL DE COLETA SELETIVA / SEG-QUA-SEX	
BAIRRO	LOGRADOURO
SALUTARIS	RUA CÉLIO DA GAMA CRUZ
SALUTARIS	AVENIDA CEL. JOÃO WERNECK
SALUTARIS	RUA HENRIQUE BASTOS
SALUTARIS	RUA EMÍLIO DE FREITAS BRANDÃO
SALUTARIS	RUA JUVENIR FRANCISCO DE OLIVEIRA
SALUTARIS	RUA MARIETA
SALUTARIS	RUA DAS OLIVEIRAS
CENTRO	AVENIDA MARECHAL CASTELO BRANCO
CENTRO	RUA DR. ÁLVARO COSTA
CENTRO	RUA VISCONDE DA PARAÍBA
CENTRO	RUA RANGEL PESTANA
CENTRO	AV. AYRTON SENNA
CENTRO	RUA MARECHAL FLORIANO PEIXOTO
CENTRO	RUA TIRADENTES
CENTRO	RUA VISCONDE DO RIO NOVO
CENTRO	RUA DO ROSÁRIO
CENTRO	RUA QUINZE DE NOVEMBRO
CENTRO	RUA DR ALEXANDRE ABRAÃO
CENTRO	RUA FRANCISCO BELLO DA FONSECA PASSOS
CENTRO	RUA RANDOLFO PENA
CENTRO	RUA NICOLAU VISCONTI
PALHAS	AV. PREFEITO BENTO GONÇALVES PEREIRA

PALHAS	RUA MARIANO TAVARES DE PAIVA
PALHAS	RUA JOAQUIM CUNHA
PALHAS	RUA ANTONIO VISCONTI
PALHAS	RUA LARA VILELA
PALHAS	RUA ALBERTO CRUZ
PALHAS	RUA EXPEDICIONÁRIO JOAQUIM ALVES DE CARVALHO FILHO
PALHAS	RUA VIVENDAS DO SOL
PALHAS	RUA ALTIVO V AFONSO
PALHAS	VILA BARROSO
CURUPAITI	LADEIRA DO CURUPAITI
CURUPAITI	RUA LUIZ RAMOS DA SILVA
CURUPAITI	RUA EVILASIO PEREIRA NUNES
LIBERDADE	RUA PAULO PEDRO DE LACERDA
LIBERDADE	RUA TERTULIANO QUEIROZ
LIBERDADE	RUA PRES. JUSCELINO KUBITSCHECK
LIBERDADE	RUA JARBAS ALVES DE SOUZA
LIBERDADE	RUA ISaura BARBOSA
LIBERDADE	RUA JOVELINO DE PAULO
LIBERDADE	RUA OLACIR MEDEIROS
LIBERDADE	RUA ZULMIRA DE MORAES TAVARES
LIBERDADE	RUA JOSÉ MARIA BRANDÃO
LIBERDADE	RUA SÔNIA M PEREIRA
LIBERDADE	RUA ALCIR FREITAS
LIBERDADE	RUA JOSÉ DA SILVA LEAL
SANTA JOSEFA	ESTRADA VIEIRA CORTEZ
PONTE PRETA	RUA CATARINA DE ALMEIDA BARBOSA
PONTE PRETA	RUA JOÃO MARQUÊS TENENTE
PONTE PRETA	RUA TEIXEIRA LEITE
PONTE PRETA	RUA BARÃO DE PIABANHA
LAVA-PÉS	RUA MOREIRA CÉSAR
LAVA-PÉS	RUA CAPITÃO GARRIDO
LAVA-PÉS	ALAMEDA CAXAMBÚ
LAVA-PÉS	RUA SILVA JARDIM
LAVA-PÉS	RUA EUGÊNIO FUERMAN
LAVA-PÉS	RUA JOÃO XXIII
LAVA-PÉS	RUA AUGUSTO SILVA PINTO
LAVA-PÉS	RUA SATURNINO DE BRAGA
PARQUE MORONE	RUA VENEZUELA
PARQUE MORONE	AVENIDA BRASIL
PARQUE MORONE	RUA PANAMÁ

PARQUE MORONE	RUA MÉXICO
PARQUE MORONE	RUA URUGUAI
PARQUE MORONE	RUA EQUADOR
PARQUE MORONE	RUA JOSÉ MORONE
PARQUE MORONE	RUA FERNANDO DE BARROS FRANCO
PARQUE MORONE	RUA CHILE
PORTAL DO SOL	RUA NOVA PARAÍBA
PORTAL DO SOL	RUA PROFESSOR JOUBERT UBIRAJARA DE MELLO
PORTAL DO SOL	RUA MARIA APARECIDA LEITE
PORTAL DO SOL	RUA JOSÉ ROBERTO PONTES DE SOUZA
PORTAL DO SOL	RUA VEREADOR MARCO AURÉLIO BONFANTE
LIMOEIRO	AVENIDA DAS NAÇÕES
LIMOEIRO	RUA LEONOR DE SOUZA BARROS
LIMOEIRO	RUA LIMOEIRO
LIMOEIRO	RUA ANTÔNIO AFONSO
LIMOEIRO	RUA VALDOMIRO CUNHA AFONSO
LIMOEIRO	RUA CAXAMBI
LIMOEIRO	ESTRADA DA PALESTINA
LIMOEIRO	RUA MANUEL DE SOUZA BARROS
LIMOEIRO	RUA MASSAMBARÁ
ELDORADO	ESTRADA PREFEITO ANTÔNIO DA CRUZ BARROS
ELDORADO	ESTRADA JOSÉ G P RESENDE
ELDORADO	RUA DAS NASCENTES
ELDORADO	RUA HABITAT PARA A HUMANIDADE
BARÃO DE ANGRA	RODOVIA LÚCIO MEIRA
BARÃO DE ANGRA	TRAVESSA MILTON DE ANDRADE, S/N
BARÃO DE ANGRA	RUA DOMINGOS DE AGUIAR
BARRINHA	ESTRADA DA BARRINHA

APÊNDICE K - Tabela Com o Nome Das Ruas E Bairros Percorridos Na Rota Proposta De Terça-Feira e Quinta-Feira

ABRANGÊNCIA DA ROTA PROPOSTA PARA O PROGRAMA MUNICIPAL DE COLETA SELETIVA	
SALUTARIS	RUA CÉLIO DA GAMA CRUZ
SALUTARIS	AVENIDA CEL. JOÃO WERNECK
SALUTARIS	RUA EMÍLIO DE FREITAS BRANDÃO
SALUTARIS	RUA CLEOPHAS NASCIMENTO
SALUTARIS	RUA QUINTILIANO MACHADO DE BARROS
SALUTARIS	RUA HENRIQUE BASTOS
SALUTARIS	RUA MARIETA
SALUTARIS	RUA JAIME TEIXEIRA ABREU
SALUTARIS	RUA ALCIDES TEIXEIRA ABREU
SALUTARIS	RUA LUÍS AZEVEDO
SALUTARIS	RUA BERNARDINO FRANCO
SALUTARIS	TRAVESSA MALTA
SALUTARIS	RUA VERÃO
SALUTARIS	RUA IPÊ ROXO
SALUTARIS	RUA MANOEL CASTILHO
SALUTARIS	TRAVESSA JOSÉ RIBEIRO DE OLIVEIRA
SALUTARIS	RUA DOMINGOS DE SOUZA COSTA
SALUTARIS	TRAVESSA JOAQUIM FONTES/ VINTE E UM DE ABRIL
SALUTARIS	RUA OCTACÍLIO LEAL DE MORAES
SALUTARIS	RUA PEIXOTO
SALUTARIS	TRAVESSA PEIXOTO
SALUTARIS	RUA FLORA DE ABREU
GRAMA	AVENIDA RANDOLFO PENA
BELA VISTA	AVENIDA NOSSA SENHORA APARECIDA
BELA VISTA	RUA JUAZEIRO
BELA VISTA	RUA PARANAGUÁ
BELA VISTA	RUA CANANEIA
BELA VISTA	RUA GUARUJÁ
BELA VISTA	RUA HUMAITÁ
BELA VISTA	RUA BOM JESUS DE MATOZINHO
BELA VISTA	RUA JAGUARI
BELA VISTA	RUA MARAJÓ
BELA VISTA	RUA SEPETIBA
BELA VISTA	RUA ITAPUÃ
BELA VISTA	RUA JOSÉ AVELINO DE OLIVEIRA
BELA VISTA	RUA ANTONIO CÉSAR OLIVEIRA

BELA VISTA	RUA BRIZABELA ALVES NOGUEIRA
BELA VISTA	RUA JOAQUIM AVELINO
BELA VISTA	RUA MARIO AVELINO RIBEIRO
BELA VISTA	RUA OTO ALVES NOGUEIRA
BELA VISTA	RUA MARIA VIEIRA DE SOUZA
AMAPÁ	RUA BRENO NAZÁRIO
AMAPÁ	RUA JORGE AVELINO DE OLIVEIRA
AMAPÁ	RUA D
AMAPÁ	RUA L
AMAPÁ	RUA MAURÍLIO AVELINO
BELA VISTA	RUA MARIA AUGUSTA PENA
BELA VISTA	RUA JOSÉ ALVES DE OLIVEIRA
VILA SALUTARIS	RUA JOSÉ JOAQUIM GONÇALVES
VILA SALUTARIS	RUA QUIRINO FRANCISCO PINHEIRO
VILA SALUTARIS	AV. DEOCLECIANO ALVES DE SOUZA
VILA SALUTARIS	RUA EXPEDICIONÁRIO WALLACE PAES LEME
VILA SALUTARIS	ESTRADA DO INEMA
INEMA	ESTRADA DR JORGE JUNQUEIRA
INEMA	RUA VIOLETA
INEMA	RUA DAS HORTÊNCIAS
INEMA	RUA DAS ROSAS
INEMA	RUA DOS LÍRIOS
INEMA	RUA SEMPRE VIVA
INEMA	RUA DAS MARGARIDAS
INEMA	RUA DAS ANGÉLICAS
INEMA	RUA DAS PAPOULAS
WERNECK	RUA JOSÉ ROMERO GAMBOA
WERNECK	RUA BENTO GONÇALVES PEREIRA
WERNECK	RUA JOSÉ MORAES VIZEU
WERNECK	RUA JOÃO GOMES
WERNECK	RUA RIO DE JANEIRO
WERNECK	RUA SÃO CARLOS
WERNECK	RUA ARGEMIRO JOSE PENICHE
WERNECK	TRAVESSA FLORESTAL
WERNECK	RUA BELA
WERNECK	RUA BRASÍLIA
WERNECK	RUA JOAQUIM P DA MOTA
WERNECK	RUA HORTÊNCIA
WERNECK	RUA JOSÉLIA GUIMARÃES DA SILVA
WERNECK	RUA FERNANDO PEREIRA LEAL

WERNECK	RUA PERCILIANO FERREIRA
WERNECK	RUA SÃO JOSÉ
WERNECK	RUA SÃO PEDRO
WERNECK	RUA LUIZ VIEIRA DE CARVALHO
WERNECK	RUA PEDRO T. REIS
WERNECK	RUA SATURNINO L. PARREIRA P. SILVA
WERNECK	RUA NOSSA SENHORA APARECIDA
WERNECK	RUA FERNANDO FRANCO
WERNECK	RUA ANTÔNIO RIBEIRO GUIMARÃES
WERNECK	RUA CAETANO F CARVALHO
WERNECK	RUA PEDRO ESTEVÃO PIRES
WERNECK	RUA JOSÉ GUIMARÃES DA SILVA
BARRINHA	ESTRADA DA BARRINHA