REVISÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

Município de Paraibuna - SP

2024

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

www.liderengenharia.eng.br
contato@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAIBUNA - SP

REVISÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PMSB

PRODUTO 6 – VERSÃO FINAL

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA

VICTOR DE CASSIO MIRANDA

PREFEITO MUNICIPAL

EMPRESA DE PLANEJAMENTO CONTRATADA

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA

CNPJ: 23.146.943/0001-22

Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210.

CEP 14.020-250 – Ribeirão Preto/SP

www.liderengenharia.eng.br

EQUIPE TÉCNICA

Robson Ricardo Resende
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 99639-2

Rafael Remoto Menezes
Engenheiro Ambiental
CREA/SP 5063887557

Osmani Vicente Jr.
Arquiteto e Urbanista
CAU A23196-7

Pedro Henrique Vicente
Engenheiro Civil
CREA/SP 5070395829

Juliano Mauricio da Silva
Engenheiro Civil
CREA/PR 117165-D

Mike Sam James Ferreira
Engenheiro Florestal
CREA/MG 142136158-2

Carmen Cecília Marques Minardi
Economista
CORECON/SP 36677

Camilla Stephanie Oliveira
Engenheira Civil

Daniel Ferreira de Castro Furtado
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 118987-6

Juliano Yamada Rovigati
Geólogo
CREA/PR 109.137/D

Paulo Guilherme Fuchs
Administrador
CRA/SC 21705

Mike Martins Rodrigues
Engenheiro Ambiental

Paula Evaristo dos Reis de Barros
Advogada
OAB/MG 107.935

Carolina Bavia Ferrucio Bandolin
Assistente Social
CRESS/PR 10.952

EQUIPE TÉCNICA MUNICIPAL

Danilo Caneppele

Diretor do Departamento de Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente

SUMÁRIO

1. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO 28
1.1. Aspectos Regionais, Localização e Acesso 28
1.2. Histórico 30
1.3. Aspectos Ambientais 31
1.3.1. Clima 31
1.3.2. Temperatura 33
1.3.3. Precipitação e Umidade Relativa do Ar 36
1.3.4. Levantamento da Rede Hidrográfica do município 38
1.3.5. Geologia 42
1.3.6. Geomorfologia 44
1.3.7. Declividade 46
1.3.8. Solo 52
1.3.9. Vegetação 54
1.4. Aspectos Socioeconômicos 57
1.4.1. Densidade Demográfica 57
1.4.2. Taxa de Urbanização 57
1.4.3. Distribuição por Gênero 62
1.4.4. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM 62
1.4.5. Educação 64
1.4.6. Razão de dependência, taxa de mortalidade e esperança de vida 64
1.4.7. Economia 66
1.4.8. Produto Interno Bruto (PIB) 66
1.4.9. Saúde 67
1.4.10. Vulnerabilidade Social 68

2. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DE SANEAMENTO 70
2.1. Sistema de Abastecimento de Água 71
2.1.1. Descrição dos Sistemas de Abastecimento de Água Existentes 71
2.1.2. Indicadores Operacionais 109
2.1.3. Análise da Ocorrência de Doenças de Veiculação Hídrica ... 112
2.1.4. Regulação de Uso dos Recursos Hídricos 114
2.1.5. Segurança Hídrica 116
2.1.6. Balanço entre Consumos e Demandas de Abastecimento de Água na Área de Planejamento 118
2.1.7. Estrutura de Tarifação, Índice de Inadimplência, Receita Operacional e Indicadores Operacionais 119
2.2. Sistema de Esgotamento Sanitário 123
2.2.1. Estações de Tratamento de Esgoto - ETE 126
2.2.2. Estações Elevatórias de Esgoto - EEE 129
2.2.3. Corpo Hídrico Receptor 132
2.2.4. Sistemas Individuais 134
2.2.5. Análise Crítica do Sistema de Esgotamento Sanitário de Paraibuna 140
2.3. Gerenciamento e Manejo dos Resíduos Sólidos 141
2.3.1. Arcabouço Legal 146
2.3.2. Composição Gravimétrica 158
2.3.3. Limpeza Pública 160
2.3.4. Resíduos Domiciliares e Orgânicos 166
2.3.5. Resíduos Recicláveis 172
2.3.6. Resíduos com Logística Reversa Obrigatória 174
2.3.7. Resíduos dos Serviços de Saúde 178
2.3.8. Resíduos de Saneamento 181

2.3.9. Resíduos de Mineração 183
2.3.10. Resíduos Agrossilvopastoris 184
2.3.11. Destinação Final..... 185
2.3.12. Análise Financeira..... 190
2.3.13. Análise Crítica do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos 192
2.4. Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais 193
2.4.1. Caracterização das Microbacias Urbanas..... 196
2.4.2. Estudos Hidrológicos..... 206
2.4.3. Erosão..... 224
2.4.4. Indicadores de Drenagem 233
2.4.5. Sistemas de Macrodrenagem..... 235
2.4.6. Sistemas de Microdrenagem..... 236
2.4.7. Análise Crítica do Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais 240
3. CENÁRIOS DE EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO .. 241
Estudo Populacional..... 241
3.1. Sistema de Abastecimento de Água – SAA..... 248
3.1.1. Projeção de Demanda..... 249
3.1.2. Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada 252
3.1.3. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Abastecimento de Água..... 254
3.1.4. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o SAA 260
3.1.5. Análise Econômica – SAA..... 267
3.2. Sistema de Esgotamento Sanitário – SES..... 270
3.2.1. Projeção da Vazão Anual de Esgoto..... 271
3.2.2. Cargas de Concentração 272
3.2.3. Comparação das Alternativas de Tratamento dos Esgotos .. 277

3.2.4. Definições de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada 279

3.2.5. Sistemas Individuais..... 279

3.2.6. Descrição de Tecnologias Sociais de Saneamento Básico... 287

3.2.7. Localização da Estação de Tratamento de Esgoto 296

3.2.8. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Esgotamento Sanitário - SES 298

3.2.9. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o SES 303

3.2.10. Análise Econômica – SES..... 313

3.3. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos 315

3.3.1. Estimativa da Produção de Resíduos Sólidos com Base nos Resultados dos Estudos Demográficos 315

3.3.2. Proposição das Possibilidades de Implantação de Soluções Consorciadas ou Compartilhadas com Outros Municípios 317

3.3.3. Procedimentos Operacionais e Especificações Mínimas a Serem Adotadas nos Serviços Públicos de Limpeza Urbana e de Manejo de Resíduos Sólidos, Incluindo a Disposição Final Ambientalmente Adequada dos Rejeitos..... 321

3.3.4. Destinação Final..... 348

3.3.5. Resíduos da Limpeza Pública..... 357

3.3.6. Resíduos dos Serviços de Saúde – RSS 368

3.3.7. Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR e Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR 372

3.3.8. Regras Para o Transporte de Resíduos Sólidos 377

3.3.9. Definição das Responsabilidades Quanto à Sua Implementação e Operacionalização..... 380

3.3.10. Educação Ambiental 389

3.3.11. Programas e Ações para a Participação dos Grupos Interessados, em Especial das Cooperativas ou Outras Formas de Associação de Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis 393

3.3.12. Mecanismos para a Criação de Fontes de Negócios, Emprego e Renda, Mediante a Valorização dos Resíduos Sólidos 395

3.3.13. Sistema de Cálculo dos Custos da Prestação dos Serviços Públicos de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos, bem como a Forma de Cobrança desses Serviços 399

3.3.14. Medidas de Redução, Reutilização, Coleta Seletiva e Reciclagem, entre outras, com Vistas a Reduzir a Quantidade de Rejeitos Encaminhados para Disposição Final Ambientalmente Adequada 411

3.3.15. Descrição das Formas e dos Limites da Participação do Poder Público Local na Gestão dos Resíduos Sólidos 414

3.3.16. Meios a Serem Utilizados para o Controle e a Fiscalização, no Âmbito Local, da Implementação e Operacionalização dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de que trata o Art. 20 e dos Sistemas de Logística Reversa 419

3.3.17. Ações de Emergência e Contingência Para o Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos 422

3.3.18. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos..... 424

3.3.19. Análise Econômica..... 450

3.4. Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais 453

3.4.1. Medidas Estruturais..... 454

3.4.2. Medidas Não Estruturais 469

3.4.3. Ações de Emergência e Contingência 481

3.4.4. Objetivos, Programas, Projetos e Ações..... 485

3.4.5. Análise Econômica..... 500

4. FONTES DE FINANCIAMENTO 503
4.1. Recursos Ordinários 504
4.2. Recursos Extraordinários 505
4.3. Programas de Financiamento Reembolsáveis 505
4.3.1. Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDES 505
4.3.2. Banco do Brasil - BB 506
4.3.3. Caixa Econômica Federal - CAIXA 506
4.3.4. Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID 506
4.3.5. Banco Mundial – *The World Bank* 507
4.4. Programas de Financiamento Não Reembolsáveis 507
4.4.1. Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA 507
4.4.2. Fundo Brasileiro de Educação Ambiental - FunBEA 508
4.4.3. Ministério da Saúde 508
4.4.4. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental 509
4.4.5. Ministério da Justiça – Fundo de Direito Difuso - FDD 509
4.4.6. Fundo Nacional de Compensação Ambiental - FNCA 510
4.4.7. Fundo Vale 510
5. ANÁLISE GLOBAL DOS INVESTIMENTOS 512
6. BANCO DE DADOS COM INDICADORES PARA MONITORAMENTO E TOMADA DE DECISÃO 514
6.1. Alimentação do Sistema 519
6.2. Classificação e Interpretação dos Dados 522
7. SISTEMA MUNICIPAL DE GEOPROCESSAMENTO 524
7.1. Metodologia adotada 525
7.2. Informações a Constar na Base de Dados Georreferenciados 527
7.3. Projetos relacionados ao sistema de informações municipais sobre saneamento 534
7.4. Base de dados georreferenciados apresentada 535
7.5. Tutorial software QGIS 536

7.5.1. Instalação 536
7.5.2. Abrindo um projeto no QGIS 536
7.5.3. Interface 537
7.5.4. Ferramentas de navegação 537
7.5.5. Identificação de feições 538
7.5.6. Tabela de atributos 538
7.5.7. Edição de tabela de atributos 539
7.5.8. Edição de camadas vetoriais 539
7.5.9. Simbologia/cores 540
7.5.10. Exportação para .kmz/.kml/.xlsx 541
7.5.11. Adição de camadas vetoriais/matriciais 541
7.5.12. Criação de feições/camadas 541
7.5.13. Plugins/complementos 542
7.5.14. Exportação do mapa 542
8. INDICADORES E INFORMAÇÕES PARA REVISÃO DO PMSB 543
8.1. Indicadores para Avaliar os Resultados do PMSB 547
8.1.1. Sistema de Abastecimento de Água 548
8.1.2. Sistema de Esgotamento Sanitário 557
8.1.3. Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos 561
8.1.4. Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais 568
8.1.5. Indicadores de Avaliação dos Recursos Financeiros 571
Referências bibliográficas 574
ANEXO 579

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Temperaturas mínimas, máximas e médias de Paraibuna entre os anos de 1991 a 2021 (ºC). 34

Tabela 2 - Temperaturas Médias Mensais (ºC) Registradas na Estação A740 em São Luíz do Paraitinga – SP (2007 a 2023). 35

Tabela 3 - Precipitação mensal (mm) em Paraibuna (2000 a 2024). 37

Tabela 4 – Umidade relativa do ar em Paraibuna nos anos de 1991 a 2021. .. 38

Tabela 5 – Classes de declividade com indicações gerais da adequabilidade e restrições para o planejamento. 46

Tabela 6 – Taxa de urbanização de Paraibuna. 58

Tabela 7 - Bairros Rurais no Município de Paraibuna. 60

Tabela 8 – Série Histórica do IDH do Estado de São Paulo, da Capital Paulista e de Paraibuna nos anos de 1991, 2000 e 2010. 63

Tabela 9 – Evolução do IDHM de Paraibuna e seus componentes nos anos de 2000 e 2010. 63

Tabela 10 – Estrutura etária da população de Paraibuna nos anos de 2000 e 2010. 65

Tabela 11 – Taxa de mortalidade infantil em Paraibuna nos anos de 2006 a 2022. 65

Tabela 12 – Evolução do PIB per capita de Paraibuna entre o período de 2010 a 2021. 67

Tabela 13 – Índices de Vulnerabilidade social em Paraibuna nos anos de 2000 e 2010. 68

Tabela 14 - Sistema de Abastecimento de Água de Paraibuna – Captação – Última Atualização em 06/2024. 81

Tabela 15 - Apresentação quantitativa das análises exigidas pela Portaria n°888/2021 -GM/ MS. 87

Tabela 16 - Padrão microbiológico de potabilidade da água. 89

Tabela 17 – Padrão Organoléptico de Potabilidade. 90

Tabela 18 - Reservatórios existentes no Município de Paraibuna. 96

Tabela 19 – Sistemas de Abastecimento de Água – Estações Elevatórias de Água Tratada (atualização em junho de 2024). 103

Tabela 20 – Comparação dos índices de perdas Municipal, Estadual e Nacional. 107

Tabela 21 - Sistema de indicadores do SNIS utilizados na avaliação dos serviços do SAA. 109

Tabela 22 - Doenças de veiculação hídrica. 113

Tabela 23 - Internações hospitalares causadas por doenças relacionadas ao saneamento inadequado. 114

Tabela 24 – Volume, faturado e produzido no Município de Paraibuna – SP no ano de 2022. 118

Tabela 25 - Indicadores do sistema de abastecimento de água – SAA de Paraibuna no ano de 2022. 120

Tabela 26 - Comparativo de valores praticados entre Paraibuna, Salesópolis e as médias Estaduais e Nacionais (R$ / m³). 121

Tabela 27 - Panorama da coleta e tratamento de esgotos a nível Nacional, Regional e Municipal. 124

Tabela 28 - Indicadores do sistema de esgotamento sanitário de Paraibuna. 124

Tabela 29 - Vazão operacional (L/s) e eficiência média de tratamento (%) da EPAR – Paraibuna. 128

Tabela 30 - Estações Elevatórias de Esgoto - EEE em Paraibuna. 129

Tabela 31 - Quantidade de resíduos gerados nas regiões do Brasil no ano de 2020. 143

Tabela 32 – Massa *per capita* coletada. 145

Tabela 33 – Gravimetria Nacional dos RSU. 159

Tabela 34 – Composição Gravimétrica Típica Nacional dos RSU. 160

Tabela 35 - Descrição dos serviços de varrição manual em vias e logradouros públicos de Paraibuna – Setor A. 162

Tabela 36 - Descrição dos serviços de varrição manual em vias e logradouros públicos de Paraibuna - Setor B. 162

Tabela 37 - Descrição dos serviços de varrição manual em vias e logradouros públicos de Paraibuna – Setor C. 162

Tabela 38 - Descrição dos serviços de varrição manual em vias e logradouros públicos de Paraibuna – Setor D. 163

Tabela 39 - Descrição dos serviços de varrição manual em vias e logradouros públicos de Paraibuna – Setor E. 163

Tabela 40 - Descrição dos serviços de varrição manual de Praças e Feiras Livres em Paraibuna. 164

Tabela 41 - Roteiro semanal do Caminhão 1. 168

Tabela 42 - Roteiro semanal do Caminhão 2. 169

Tabela 43 – Roteiro semanal do Caminhão 3. 170

Tabela 44 - Hierarquia do fluxo de drenagem computado. 199

Tabela 45 – Dados extraídos das microbacias. 203

Tabela 46 - Tempo de Concentração, extensão do canal principal e variação de altitude do canal para as diferentes microbacias analisadas. 208

Tabela 47 - Classes de uso e ocupação do solo utilizadas por microbacia. .. 209

Tabela 48 - Coeficientes da equação da chuva – Estação Alferes. 218

Tabela 49 - Valores da Equação de intensidade da chuva. 218

Tabela 50 - Valores para determinação de C2. 223

Tabela 51 - Vazões para diferentes Tempos de Retorno pelo Método I-PAI-WU. 224

Tabela 52 - Indicadores de manejo e drenagem das águas pluviais de Paraibuna 234

Tabela 53 - Evolução populacional de Paraibuna nos anos de 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022. 242

Tabela 54 - Projeção da população de Paraibuna até o ano de 2044. 247

Tabela 55 - Demandas para o SAA de Paraibuna. 251

Tabela 56 - Ações para emergências e contingências referentes ao abastecimento emergencial/temporário de água. 255

Tabela 57 - Ações para emergências e contingências referentes ao abastecimento emergencial/temporário de água. 257

Tabela 58 - Ações para emergências e contingências referentes ao abastecimento emergencial/temporário de água. 259

Tabela 59 - Síntese do Objetivo 1. 262

Tabela 60 - Tabela Síntese do Objetivo 2. 265

Tabela 61 - Síntese dos totais dos valores estimados. 268

Tabela 62 - Projeção da geração de esgoto doméstico em Paraibuna. 272

Tabela 63 - Valores de cargas orgânicas de DBO. 275

Tabela 64 - Valores de coliformes termotolerantes. 276

Tabela 65 - Ações de emergência e contingência para o extravasamento de esgoto em estações elevatórias – EEE. 299

Tabela 66 - Ações de emergência e contingência para o rompimento de linhas de recalque, coletores, interceptores e emissários. 300

Tabela 67 - Ações de emergência e contingência para ocorrência de retorno de esgoto em imóveis. 301

Tabela 68 - Ações de emergência e contingência para vazamentos e contaminação de solo, curso hídrico ou lençol freático por fossas. 302

Tabela 69 - Tabela Síntese do Objetivo 1. 305

Tabela 70 - Tabela Síntese do Objetivo 2. 308

Tabela 71 - Tabela Síntese do Objetivo 3. 311

Tabela 72 - Análise de investimento de esgotamento sanitário. 313

Tabela 73 - Estimativa da geração total, resíduos reciclados e compostados. 316

Tabela 74 - Treinamento para os colaboradores do serviço de limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos. 329

Tabela 75 - Vantagens e desvantagens da coleta convencional noturna de resíduos sólidos. 333

Tabela 76 - Recomendações para a coleta convencional de resíduos sólidos. 334

Tabela 77 - Cores de identificação de resíduos sólidos. 340

Tabela 78 - Formas de segregação dos resíduos sólidos. 342

Tabela 79 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de execução da coleta seletiva..... 344

Tabela 80 - Tipos de resíduos, origem e responsabilidade. 350

Tabela 81 - Etapas do processo de reciclagem dos materiais. 353

Tabela 82 - Critérios para implantação de aterro sanitário. 353

Tabela 83 - Infraestrutura básica para instalação de aterro sanitário. 355

Tabela 84 - Responsabilidades dos gestores públicos e privados quanto ao manejo das diferentes tipologias de resíduos. 382

Tabela 85 - Principais estruturas e equipamentos que constam no Sistema de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos. 405

Tabela 86 - Ações de emergência e contingência - Resíduos sólidos. 422

Tabela 87 - Tabela Síntese do Objetivo 1. 427

Tabela 88 - Tabela Síntese do Objetivo 2. 430

Tabela 89 - Tabela Síntese do Objetivo 3. 433

Tabela 90 - Tabela Síntese do Objetivo 4. 436

Tabela 91 - Tabela Síntese do Objetivo 5. 439

Tabela 92 - Tabela Síntese do Objetivo 6. 441

Tabela 93 - Tabela Síntese do Objetivo 7. 443

Tabela 94 - Tabela Síntese do Objetivo 8. 446

Tabela 95 - Tabela Síntese do Objetivo 9. 448

Tabela 96 - Totais dos valores estimados. 451

Tabela 97 - Ações para emergências e contingências referentes a ocorrência de alagamentos, inundações e enchentes. 482

Tabela 98 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos. 483

Tabela 99 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas. 484

Tabela 100 - Tabela síntese do Objetivo 1. 487

Tabela 101 - Tabela síntese do Objetivo 2. 489

Tabela 102 - Tabela Síntese do Objetivo 3. 492

Tabela 103 - Tabela Síntese do Objetivo 4. 495

Tabela 104 - Tabela Síntese do Objetivo 5. 498

Tabela 105 - Totais dos Valores Estimados. 501

Tabela 106 - Análise Global. 513

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização e acesso da Estância Turística de Paraibuna. 29

Figura 2 – Brasil de acordo com a Classificação de Köppen-Geiger. 33

Figura 3 – Regiões Hidrográficas do Brasil. 39

Figura 4 – UGRHIs no Estado de São Paulo. 40

Figura 5 – Mapa de Hidrografia da Estância Turística de Paraibuna. 41

Figura 6 – Mapa Geológico da Estância Turística de Paraibuna. 43

Figura 7 – Mapa Geomorfológico da Estância Turística de Paraibuna. 45

Figura 8 - Declividade acentuada na área urbana de Paraibuna. 48

Figura 9 - Locais com ocorrência de inundações em Paraibuna. 48

Figura 10 - Obras municipais relacionadas com o sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais. 49

Figura 11 – Mapa de declividade da Estância Turística de Paraibuna. 50

Figura 12 – Mapa de altitude da Estância Turística de Paraibuna. 51

Figura 13 – Mapa Pedológico da Estância Turística de Paraibuna. 53

Figura 14 – Regiões Fitoecológicas do Estado de São Paulo. 55

Figura 15 – Cobertura vegetal da Estância Turística de Paraibuna. 56

Figura 16 – Taxas de Urbanização das Regiões Brasileiras (2015). 58

Figura 17 – Cálculo da Taxa de Urbanização. 58

Figura 18 – Mapa de localização dos Bairros Rurais de Paraibuna. 61

Figura 19 – Fluxo escolar de crianças e jovens de Paraibuna nos anos de 2000 e 2010. 64

Figura 20 - Mapa de Localização dos bairros Abacaxizeiro e Itapeva. 73

Figura 21 - Captação de água para abastecimento no Rio Paraibuna. 76

Figura 22 - Poço Local 003 - Bairro Espírito Santo. 77

Figura 23 - Poço Local 004 - Bairro São Germano. 78

Figura 24 - Poço Local 007 - Bairro Colinas I (Inativo). 79

Figura 25 - Poço Colina II - Bairro Colinas. 79

Figura 26 - Mapa de Localização dos Pontos de captação de águas superficiais e subterrâneas em Paraibuna. 82

Figura 27 - Interior da ETA no Município de Paraibuna. 84

Figura 28 - Centro de Comando e Operação (CCO) - CAEPA em Paraibuna. 85

Figura 29 - Laboratório de análises da ETA de Paraibuna. 86

Figura 30 - Mapa de Localização da Estação de Tratamento de Água em Paraibuna. 94

Figura 31 - Reservatório R3-Centro - Interior da ETA. 98

Figura 32 - Reservatório R5 - Cuba - Apoiado. 98

Figura 33 - Reservatório R6 - Alferes Bento..... 99

Figura 34 - Reservatório R10 - São Germano - Apoiado. 99

Figura 35 - Reservatório R10 - São Germano - Taça..... 100

Figura 36 - Mapa de Localização dos Reservatórios de abastecimento de água em Paraibuna. 101

Figura 37 - Conjunto de Motobombas e Maquinário na EEAT - Central de Paraibuna. 104

Figura 38 - Mapa de Localização da EEAT's em Paraibuna - SP. 105

Figura 39 - Custos e despesas por natureza no SAA de Paraibuna no ano de 2023. 111

Figura 40 - Outorgas para uso em recursos hídricos superficiais e subterrâneos para fins de atendimento urbano em Paraibuna - SP..... 116

Figura 41 - Classificação do acesso ao Serviço de Esgotamento Sanitário... 123

Figura 42 - Instalações da Estação Produtora de Água de Reuso em Paraibuna. 127

Figura 43 – Leito de secagem do lodo na EPAR - Paraibuna. 127

Figura 44 - Armazenamento do Lodo seco para o descarte adequado. 127

Figura 45 - Monitoramento dos sistemas de tratamento de esgoto no Centro de Comando e Operação. 128

Figura 46 - Estação Elevatória de Esgoto Central de Paraibuna. 129

Figura 47 - Estação Elevatória de Esgoto - Paraíba. 130

Figura 48 - Mapa de Localização das Estações Elevatórias de Esgoto e da EPAR em Paraibuna. 131

Figura 49 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas. 136

Figura 50 – Sistema de tratamento individual – Valas de Infiltração. 137

Figura 51 – Sistema individual de tratamento – Sumidouro. 138

Figura 52 – Estação Compacta de Tratamento de Esgotos Sanitários. 139

Figura 53 - Percentual de RSU coletados por Região Brasileira em 2022. 144

Figura 54 - Disposição final de RSU por Região Brasileira em 2022. 145

Figura 55 - Execução do serviço de varrição em via pública de Paraibuna. .. 165

Figura 56 - Carrinho "Lutocar" utilizado para limpeza pública em Paraibuna. 166

Figura 57 - Local com boa execução dos serviços de limpeza pública - Praça Monsenhor Ernesto Almiro Arantes. 166

Figura 58 - Local de disposição de RCC e resíduos verdes. 171

Figura 59 - Caminhão compactador utilizado para a coleta dos RDO em Paraibuna. 172

Figura 60 - Armazenamento dos resíduos recicláveis no Bairro Fartura. 173

Figura 61 - Resíduos com logística reversa obrigatória. 175

Figura 62 - Relação interligada entre os atores no sistema de logística reversa. 175

Figura 63 - Pontos com descarte irregular de pneus inservíveis em Paraibuna. 177

Figura 64 - Leito de secagem do lodo feito em bags. 182

Figura 65 - Armazenamento do lodo seco. 182

Figura 66 - Armazenamento de óleos e gorduras oriundos do tratamento preliminar 183

Figura 67 - Exemplo de lixão. 185

Figura 68 - Exemplo de aterro controlado. 186

Figura 69 - Exemplo de aterro sanitário. 186

Figura 70 - Acesso ao Aterro Sanitário da UTGR Jambeiro. 188

Figura 71 - Mapa de Localização e Acesso do Aterro Sanitário da UTGR Jambeiro 189

Figura 72 - Av. Dr. Lincoln Feliciano da Silva, próximo ao Estádio Municipal, estando inundada. 194

Figura 73 - Av. Dr. Lincoln Feliciano da Silva, próximo ao Estádio Municipal, sem a presença de inundação. 194

Figura 74 - Mapa das microbacias de influência na área urbana de Paraibuna. 197

Figura 75 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 1. 211

Figura 76 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 2. 212

Figura 77 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 3. 213

Figura 78 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 4. 214

Figura 79 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo das Microbacias de Influência na Área Urbana do Município de Paraibuna. 215

Figura 80 - Determinação da largura média da bacia. 222

Figura 81 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K). 223

Figura 82 - Exemplo de ravinas 225

Figura 83 - Exemplo de voçoroca 226

Figura 84 - Suscetibilidade a erosão hídrica no Brasil. 227

Figura 85 - Suscetibilidade a erosão por voçorocas em Paraibuna. 228

Figura 86 - Suscetibilidade a erosão por ravinas em Paraibuna. 229

Figura 87 - Erodibilidade dos solos no Brasil. 230

Figura 88 - Erodibilidade dos solos no Estado de São Paulo. 231

Figura 89 - obras relacionadas à melhoria do sistema de drenagem no município. 236

Figura 90 - Dispositivos de Microdrenagem em Paraibuna. 238

Figura 91 - Dispositivos de microdrenagem na Rua Coronel Francisco Tobias das Neves (Monsenhor Dutra). 239

Figura 92 - Exemplo de sistema convencional. 277

Figura 93 - Exemplo de sistema descentralizado. 278

Figura 94 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado. 278

Figura 95 - Sistema individual de tratamento - Fossas Sépticas. 281

Figura 96 - Sistema individual de tratamento - Valas de Infiltração. 282

Figura 97 - Sistema individual de tratamento – Sumidouros. 284

Figura 98 - Estação compacta de tratamento de esgoto sanitário. 285

Figura 99 - Esquema de fossa séptica biodigestora. 289

Figura 100 - Exemplo de Fossa Séptica Biodigestora. 290

Figura 101 - Esquema de Zona de Raízes ou SAC. 291

Figura 102 - Exemplo de zona de raízes e mecanismos de controle de PVC. 292

Figura 103 - Esquema de círculo de bananeiras. 293

Figura 104 - Exemplo de círculo de bananeira. 294

Figura 105 - Esquema de bacia de evapotranspiração - BET. 295

Figura 106 - Exemplo de BET ou Fossa Verde. 296

Figura 107 - EPI's necessários para os colaboradores dos serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos. 331

Figura 108 - Fluxograma das etapas mínimas do dimensionamento da coleta convencional. 332

Figura 109 - Equação do dimensionamento da frota de veículos em cidades de pequeno e médio porte. 337

Figura 110 - Recipientes para a coleta seletiva. 341

Figura 111 - Exemplo de entrega voluntária de resíduos sólidos. 346

Figura 112 - Exemplo de veículo para coleta seletiva. 347

Figura 113 - Dinâmica estrutural de aterro sanitário. 356

Figura 114 - Equipamento utilizado para varrição mecânica. 359

Figura 115 - Proposta de frequência para os serviços de varrição pública. ... 360

Figura 116 - Veículo utilizado para o transporte de lodo de ETA / ETE. 379

Figura 117 - Gestão pública para o manejo de resíduos sólidos urbanos. 415

Figura 118 - Gestão pública associada para o manejo de resíduos sólidos urbanos. 416

Figura 119 - Gestão público-privada para o manejo de resíduos sólidos urbanos. 416

Figura 120 - Gráfico com as despesas por prazo de execução. 452

Figura 121 - Esquema do processo de assoreamento. 455

Figura 122 - Exemplo de reservatório subterrâneo com recreação na parte superior. 457

Figura 123 - Exemplo de alargamento e desassoreamento. 458

Figura 124 - Demonstração das faixas de APP's de acordo com o Código Florestal 459

Figura 125 - Exemplo de Corredores Verdes. 461

Figura 126 - Seção típica de valas de biorretenção. 462

Figura 127 - Exemplo de Biovaletas. 462

Figura 128 - Exemplo de Biótopos. 463

Figura 129 - Exemplo de Caixa de Expansão. 464

Figura 130 - Exemplos de Diques. 465

Figura 131 - Exemplos de Controle nas Fontes. 468

Figura 132 - Exemplos de reservatórios para água da chuva em imóveis residenciais. 469

Figura 133 - Exemplo de estação Fluviométrica Automática..... 480

Figura 134 - Despesas por prazo de execução. 502

Figura 135 - Interface da aba de alimentação de dados. 515

Figura 136 - Interface da aba com os indicadores para classificação. 517

Figura 137 - Inserção do mês e dos valores para cada indicador. 520

Figura 138 - Botões de GRAVAR e LIMPAR na tela de alimentação de dados. 521

Figura 139 - Botão CLASSIFICAR e LIMPAR. 523

Figura 140 - Interface do QGIS. 537

Figura 141 - Principais ferramentas de navegação – QGIS. 538

Figura 142 - Atribuição de diferentes cores/simbologia para informações da tabela de atributos. 540

APRESENTAÇÃO

Este documento refere-se à revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Paraibuna/SP, conforme Contrato nº 016/2024. O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) abrange o conjunto de serviços de infraestrutura e instalações dos setores de saneamento básico, que incluem, por definição, o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana, o manejo de resíduos sólidos e a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

O objetivo do Plano Municipal de Saneamento Básico de Paraibuna é estabelecer um planejamento estratégico para as ações de saneamento no município, em conformidade com os princípios da Política Nacional de Saneamento Básico, prevista na Lei nº 11.445/2007, com suas alterações pela Lei nº 14.026/2020, bem como com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecida pela Lei Federal nº 12.305/2010. O plano visa promover a melhoria da salubridade ambiental, proteger os recursos hídricos e promover a saúde pública.

INTRODUÇÃO

A melhoria da qualidade de vida, aliada às condições frequentemente insatisfatórias de saúde ambiental e à importância de diversos recursos naturais para a manutenção da vida, ressalta a necessidade de adotar uma política de saneamento básico adequada. Isso deve considerar princípios como universalidade, equidade e desenvolvimento sustentável, entre outros.

A falta de planejamento municipal e a ausência de uma análise integrada que concilie aspectos sociais, econômicos e ambientais resultam em ações fragmentadas e frequentemente ineficazes, conduzindo a um desenvolvimento desequilibrado e ao desperdício de recursos.

A ausência de saneamento ou a adoção de soluções ineficientes provoca danos ao meio ambiente, como a poluição hídrica e do solo, o que, por sua vez, impacta negativamente a saúde pública. Em contraste, a implementação de ações adequadas na área de saneamento pode reduzir significativamente os gastos com serviços de saúde.

A Lei nº 11.445 de 2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, foi atualizada pelo Novo Marco Legal do Saneamento, Lei nº 14.026 de 2020, refletindo a crescente preocupação dos diferentes níveis de governo com questões relacionadas ao saneamento.

De acordo com a Lei, que define saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, a prestação desses serviços públicos está condicionada à existência de um Plano de Saneamento Básico. Este plano deve ser revisado a cada dez anos, conforme as diretrizes da Lei nº 14.026/2020.

1. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

A caracterização geral compreende um painel resumo sobre a área de estudo, com um breve histórico do Município de Paraibuna, a localização, suas principais vias de acesso, os aspectos ambientais regionais, a situação socioeconômica em que são apresentados os aspectos demográficos e o índice de desenvolvimento humano municipal.

1.1. Aspectos Regionais, Localização e Acesso

Paraibuna é um Município brasileiro que faz parte do Estado de São Paulo e está inserido na mesorregião do Vale do Paraíba Paulista, principal eixo econômico entre as capitais do Rio de Janeiro e São Paulo. É em seu território que ocorre a junção das águas do Rio Paraitinga e do Rio Paraibuna na represa de Paraibuna, cujo sua principal função é regular a vazão de água do Rio Paraíba do Sul, mas também é utilizada para a geração de energia elétrica.

Faz divisa com os municípios: Natividade da Serra, Caraguatatuba, Salesópolis, Santa Branca, Jambeiro e Redenção da Serra. Em relação às suas coordenadas geográficas, localiza-se na latitude 23° 23' 10" Sul e longitude 45º39’44” Oeste, a uma altitude de 636 metros. Está a 124 km de distância do município de São Paulo, capital do Estado, e a 1.097 km de distância da capital do país, Brasília.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, a área da unidade territorial era de 809,576 km² em 2022. E conforme o último censo demográfico realizado no mesmo ano, apresentava um total de 17.667 habitantes, chamados pelo gentílico paraibunense (IBGE, 2022).

O principal acesso ao município de Paraibuna se dá pela Rodovia dos Tamoios, também denominada de SP-099, que liga o município de São José dos Campos a Caraguatatuba, no litoral paulista. Abaixo segue o mapa que expõe as informações.

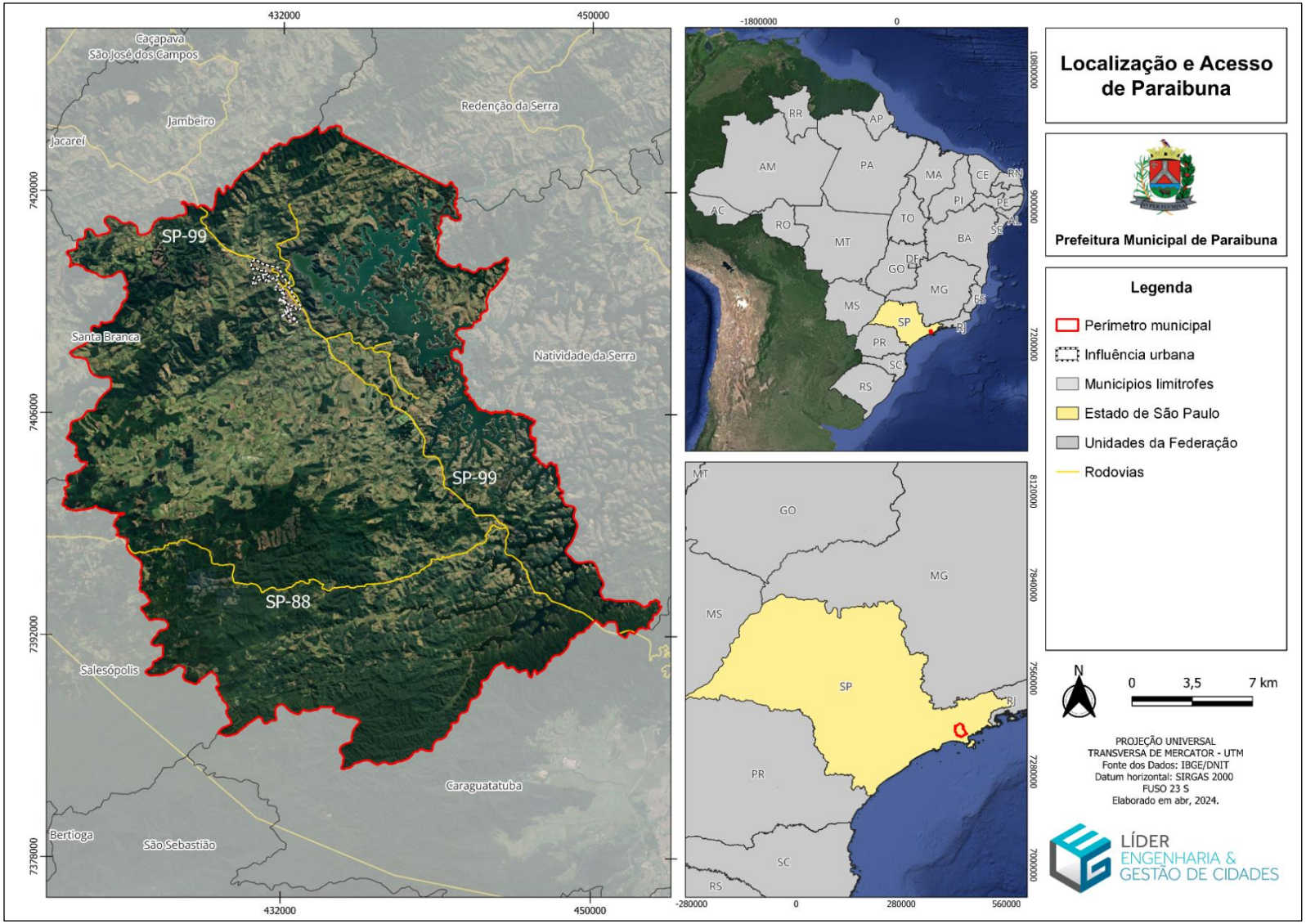


Figura 1 - Mapa de localização e acesso da Estância Turística de Paraibuna.
Fonte: IBGE / DNIT. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.2. Histórico

Em meados do ano de 1666, em meio às celebrações em homenagem a Santo Antônio de Lisboa, sertanistas de Taubaté se estabeleceram às margens do Rio Paraitinga, próximo ao encontro com o Rio Paraibuna, denominando o pequeno povoado de Santo Antônio do Paraibuna, onde o nome “Paraibuna” deriva de "parahyb", que significa água, e "una", que significa preta, significando "água preta".

Em 1773, Manoel Antônio de Carvalho foi designado para administrar a região, porém uma ordem de transferência de moradores causou preocupação, sendo posteriormente revogada. A vila foi oficialmente criada em 1812 e elevada à categoria de cidade em 1832.

Durante a revolução de 1842, Paraibuna manifestou apoio à causa republicana, o que causou controvérsia com o Governador da Província. A cidade tornou-se uma Comarca em 1857, graças aos esforços do Padre Francisco de Paula Toledo (PORTAL CIDADES – IBGE).

O auge econômico do município ocorreu entre 1830 e 1870, impulsionado pelos engenhos de cana-de-açúcar e o cultivo de café. Atualmente, a economia local se sustenta na agropecuária, beneficiamento de produtos, artesanato e turismo.

O turismo ganhou destaque no município com a construção da represa de Paraibuna e Paraitinga, e desde então, Paraibuna tem acumulado títulos, sendo reconhecida como Município de Interesse Turístico (MIT) em 2018 e como Estância Turística do Estado de São Paulo em dezembro de 2021.

Outro fator de destaque para e evolução econômica e social do município é a construção da Rodovia dos Tamoios (SP-099), que liga o Vale do Paraíba com o Litoral Norte de São Paulo.

A obra teve sua inicialização no ano de 1932, com a efetiva pavimentação das vias somente em 1957, pelo Departamento de Estradas de Rodagem (DER) após diversos acidentes graves que ocorreram no local. A rodovia também passou por um processo de duplicação do trecho de planalto no ano de 2012 e teve o início da duplicação do trecho de serra no ano de 2015 (CONCESSIONÁRIA TAMOIOS, 2024).

1.3. Aspectos Ambientais

No quesito dos aspectos ambientais de Paraibuna, sendo eles o clima, a temperatura, a precipitação, a umidade relativa do ar, geologia, geomorfologia e vegetação, os capítulos subsequentes descreverão estas vertentes do município, apresentando suas peculiaridades que determinam as características ambientais do seu território.

1.3.1. Clima

A classificação climática é uma tentativa de reunir o maior número de elementos possíveis que possam caracterizar os diferentes climas existentes em grupos distantes como, por exemplo: temperatura, precipitação, radiação e vento. É feita a partir de zonas, como as zonas polares, temperadas, tropical, subtropical e equatorial. O sistema de classificação climática mais utilizado na climatologia, ecologia e geografia é o de Köppen–Geiger, devido sua simplicidade, facilidade e por conter base científica (Passos, 2009).

Foi lançado pela primeira vez no ano de 1900, relacionando clima e vegetação a partir de critérios numéricos que definem os tipos climáticos, porém, em algumas ocasiões, o referido sistema classificatório não apresenta parâmetros para distinguir quanto às regiões e biomas distintos, pois se trata de uma classificação genérica (Passos, 2009).

Segundo Ayoade (1996), este primeiro modelo baseava-se nas zonas de vegetação do mapa feito por Alphonse de Candolle. O modelo foi revisado em 1918, dando maior atenção à temperatura, à precipitação pluvial e às suas características sazonais. Estabeleceu-se assim, cinco tipos climáticos principais, designados pelas letras maiúsculas:

A – Climas tropicais chuvosos;
B – Climas secos;
C – Climas temperados chuvosos e moderadamente quentes;
D – Climas frios com neve-floresta;
E – Climas polares;

Sendo:

A – O mês mais frio tem temperatura média superior a 18ºC. A precipitação pluvial é maior que a evapotranspiração anual, prejudicando a sobrevivência de algumas plantas tropicais;

B – A evapotranspiração média anual é maior do que a precipitação anual;

C – A temperatura média varia entre -3ºC e 18ºC no mês mais frio;

D – Com temperatura média abaixo de -3ºC o mês mais frio e temperatura média maior do que 10ºC para o mês mais quente;

E – Temperatura média menor do que 10ºC para o mês mais moderadamente quente.

Seguido desta classificação, adicionou-se um grupo de climas de terras-altas, que ficou representado pela letra H. Esta classificação ainda passou a ter duas subdivisões. A primeira realizada pela distribuição sazonal de precipitação, como pode-se visualizar abaixo:

f – Úmido o ano todo (A, C, D);

m – De monção, breve estação seca com chuvas intensas durante o resto do ano (A);

w – Chuva de verão (A, C, D);

S – Estação seca de verão (B);

W – Estação seca de inverno (B);

A Figura 2 mostra o Brasil de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger.

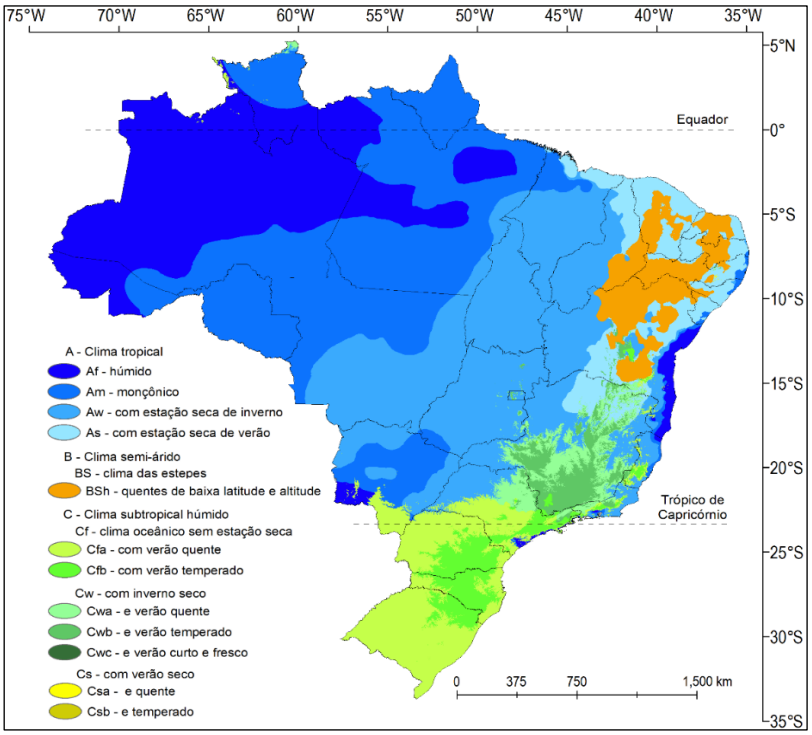


Figura 2 – Brasil de acordo com a Classificação de Köppen-Geiger.

Fonte: Alvares *et al.*, 2013. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Após esse entendimento sobre a classificação climática de Köppen-Geiger, é possível classificar o clima predominante dos municípios brasileiros. Sabe-se que o clima de uma região é determinante para as atividades econômicas nela desenvolvidas, assim como o tipo de vegetação predominante e o tipo de solo.

Especificamente para o município de Paraibuna, localizado a uma altitude de 636 metros, com pluviosidade anual de 1329 mm, temperatura média estimada de 20,3ºC (Climate Data, 2024). Seguindo a classificação climática de Köppen, o clima de Paraibuna é classificado como Cfa – Clima subtropical com verão quente.

1.3.2. Temperatura

Em relação ao município de Paraibuna a temperatura média anual é 20,3°C. Fevereiro é o mês mais quente, com sua maior temperatura em 23,2°C, enquanto que no mês mais frio (julho), atinge mínima de 16,7°C (Climate Data, 2024).

Através da Tabela abaixo é possível observar as variações de temperatura e precipitação apresentadas durante o período de 1991 a 2021.

Tabela 1 - Temperaturas mínimas, máximas e médias de Paraibuna entre os anos de 1991 a 2021 (ºC).

Mês	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima	Média
JAN	19,4	27,4	23
FEV	19,4	27,9	23,2
MAR	18,8	26,9	22,3
ABR	17,3	25,7	21
MAI	14,2	23,1	18,2
JUN	12,8	22,7	17,2
JUL	11,9	22,6	16,7
AGO	12,8	24,2	17,9
SET	14,9	25,7	19,6
OUT	16,8	26,4	21
NOV	17,4	26	21,2
DEZ	18,7	27,1	21,4
Temperatura média			20,3

Fonte: Climate Data, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Além da média anual de temperatura, a Tabela 2 apresenta as temperaturas médias mensais registradas em uma Estação Automática gerida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) na região do Município de São Luíz do Paraitinga.

Vale ressaltar que, de acordo com o mapa dinâmicos das estações meteorológicas do INMET, os postos automáticos de obtenção de dados mais próximos de Paraibuna são as de Salesópolis e de São Luíz do Paraitinga, sendo utilizada as informações da segunda estação devido a um maior intervalo de tempo registrado e maior facilidade na obtenção destes dados.

Outra estação próxima ao Município de Paraibuna é localizada em São José dos Campos, porém a mesma se caracteriza como uma estação convencional e não foi possível a obtenção de seus dados no período determinado.

Os dados são relativos às médias mensais de temperatura (ºC) entre os anos de 2007 (Ano de fundação da estação) e 2023. O código da estação é A740 e está localizada na Latitude 23°13'42.00"S e Longitude 45°25'1.00"O, cerca de 30 km de distância da Sede Municipal de Paraibuna.

Na Tabela a seguir são apresentados a evolução da temperatura média anual dentre os anos observados.

Tabela 2 - Temperaturas Médias Mensais (ºC) Registradas na Estação A740 em São Luíz do Paraitinga – SP (2007 a 2023).

Temperatura Média Mensal (ºC) 2007 - 2023												
ANO	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**
2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,8	20,8
2008	20	20,6	20,2	19,2	15,8	15,7	15,1	17,8	18,7	22	22,3	23,4
2009	24,7	25,3	24,5	19,5	17,6	14,4	16	16,6	19	19,5	22,7	21,4
2010	22,5	23,1	21,5	18,9	16,6	14,3	16,2	15,6	18,1	17,6	19,5	21,4
2011	22,2	22,1	20,3	19,7	15,8	13,9	15,3	17	16,7	19	18,1	20,3
2012	19,7	22,3	20,3	19,4	16,1	16,3	15,5	16,2	18,2	19,8	-	22,7
2013	20,5	21,5	20,6	17,9	16,9	16,6	14,9	16,1	17,8	18,2	19,8	21,1
2014	22,6	23,1	21,2	19	16,7	16,7	15,4	16,3	18,6	19,6	20,1	21,6
2015	23,1	21,4	20,5	19,3	16,8	16	16,5	17,4	19,4	20,9	21,3	21,9
2016	21,4	22,3	21,2	21,1	16,5	14,2	15,7	16,5	17,7	19,4	19,3	21,4
2017	21,6	22,3	20,5	18,8	17	15,8	14,1	15,7	18,8	20,5	19,3	21,3
2018	21,2	20,7	21,9	19	16,8	16,8	16,1	15,8	17,8	19	19,7	21,1
2019	23	21,5	21,1	20,4	18,6	16,5	14,5	15,8	18,9	20,4	20,2	21
2020	21,3	20,9	19,6	18,3	15,8	17,3	16,6	16	20,5	20,1	19,1	21,4
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2022	-	-	22	19,4	15,9	15,3	16,6	15,2	16,1	19,7	18,1	20
2023	20,7	-	-	-	16,3	15,3	16	17,4	-	20,6	21,9	22,1

Fonte: INMET/ Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

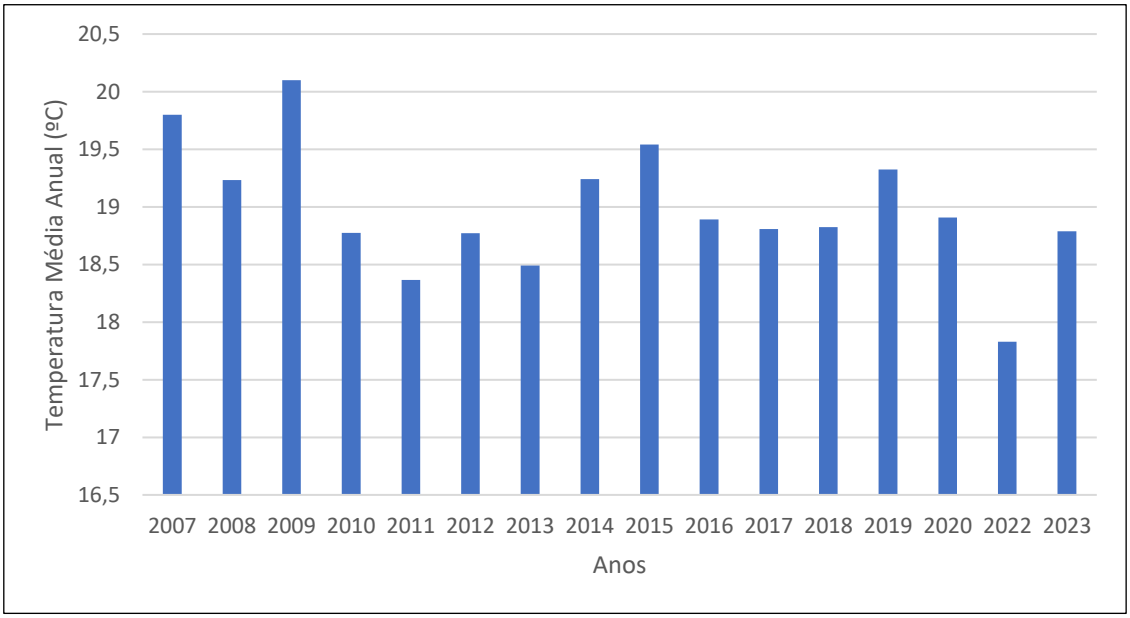


Gráfico 1 - Evolução da Temperatura Média Anual registrada na estação A740 (INMET) entre os anos de 2007 e 2023.
Fonte: INMET. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.3.3. Precipitação e Umidade Relativa do Ar

A precipitação é um fenômeno que inclui a chuva, a neve, a neblina, o granizo, o orvalho entre outros fenômenos relacionados à queda de água do céu. A medida utilizada para calcular a quantidade ocorrida de precipitação em um determinado local é o mm/m².

A evolução dos dados pluviométricos para o município de Paraibuna entre os anos de 2000 e 2024 é apresentada na Tabela 3, com base na Rede Hidrológica Básica do Estado de São Paulo, operada pelo Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) desde 1951. Os dados referem-se ao Posto Alferes, com código E2-026, localizado nas coordenadas 23° 22' 00"S de latitude e 45° 41' 00"O de longitude, ao longo do Rio Paraíba do Sul.

Vale destacar que alguns valores mensais não estão disponíveis, e não há registros de precipitação para o ano de 2015.

Tabela 3 - Precipitação mensal (mm) em Paraibuna (2000 a 2024).

Chuva Mensal (mm) 2000 - 2024													
ANO	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**	**TOTAL ANUAL**
2000	252,1	225,8	129,9	27,8	20,1	8,1	50,2	65,7	88,6	66,9	249,3	238,8	1423
2001	202,8	279,6	114,6	34,4	65,4	10,7	22,9	27,3	56,5	89	101,8	---	1005
2002	310	145,3	143,2	---	58	7	30	23,7	68,2	26,7	188,2	91,2	1092
2003	365,3	61,2	136,3	38,3	28,1	13,5	39	57,1	23,3	107,2	139,5	141,1	1150
2004	139,4	252,1	76,2	105,3	86,9	64,4	59,1	0,3	20,8	---	---	83,7	888
2005	288,9	84,5	112,8	36,4	97	23,4	22,3	13,1	81,3	160,5	40,4	150,7	1111
2006	144,3	224,2	178,3	37,8	31	9,8	44,2	8,3	68,4	51,4	166,2	---	964
2007	344,2	94	96,4	72,3	54,4	38,6	103	0,4	11,7	114,8	205,1	141,1	1276
2008	194,8	136,5	91	153,2	36,4	68	2,1	116,7	48,9	86	102,9	169,8	1206
2009	219	184,3	69,2	41,3	32	62,1	139,1	76,1	92,3	105,1	201,2	307,9	1530
2010	412	240	185,1	70,9	32,9	17,5	336,2	6,7	55,4	57	77,9	239,6	1731
2011	---	164,8	281,7	167,4	---	47,6	7,8	30,2	24,5	121,2	122,3	145,6	1113
2012	313,8	116,6	---	127,4	57,2	123,7	57,8	1,7	9,9	55,9	86,9	338	1289
2013	186,4	123	110,4	96,6	24,7	52,1	97,9	2,4	44,6	114,2	125,1	---	977
2014	118,4	92,1	152,3	98,5	---	8,4	28,4	30,1	66,4	25	137,9	---	758
2016	---	---	---	---	---	---	---	---	29,8	97,9	162,5	141,4	432
2017	480,2	153,3	213,3	27,1	115,9	---	---	40,4	28	119,3	154,5	152,7	1485
2018	---	---	86,6	14,7	32,2	30,1	12,3	64,4	69,6	184,8	153,1	146,9	795
2019	378,7	232,6	109,9	116,2	122,8	40,1	92,8	21,1	61,2	44	117,1	89,6	1426
2020	249,4	290	48,6	0,9	11,9	58,7	0,2	58,5	30,5	42,8	---	261,4	1053
2021	---	283,4	195,2	23,4	51,1	9	32,6	13,4	34,7	278,1	95,4	135,5	1152
2022	234,3	194,3	196,4	66,6	81,2	63,1	5,1	56,8	145,4	116,5	293	---	1453
2023	248,2	318,6	110,9	109,5	38,7	21,6	6,2	27,9	33,2	325,4	174,3	---	1415
2024	---	221,7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	222

Fonte: DAEE. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A umidade relativa do ar é uma das formas de expressar o conteúdo de vapor existente na atmosfera. A presença de vapor d'água na atmosfera contribui para a diminuição da amplitude térmica, sendo a diferença entre a temperatura mínima e máxima registrada.

A Tabela 4 ilustra as médias mensais de umidade relativa do ar durante o período de 1991 a 2021 em Paraibuna.

Tabela 4 – Umidade relativa do ar em Paraibuna nos anos de 1991 a 2021.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Umidade (%)	80	79	80	78	76	76	74	70	71	75	78	79

Fonte: CLIMATE DATA, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Para o Município, em relação a sensação de umidade, janeiro, fevereiro e março são os meses com maior porcentagem de umidade relativa do ar, já os meses de agosto e setembro apresentaram os menores valores.

1.3.4. Levantamento da Rede Hidrográfica do município

A rede hidrográfica de um município é definida como um conjunto de cursos de água interligados, como rios, riachos e afluentes, que drenam uma região específica e convergem para um ponto comum, como um rio principal ou um corpo d'água maior.

Segundo o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, SIGRH, o Brasil é dividido em 12 regiões hidrográficas nacionais, ilustradas na Figura 3.

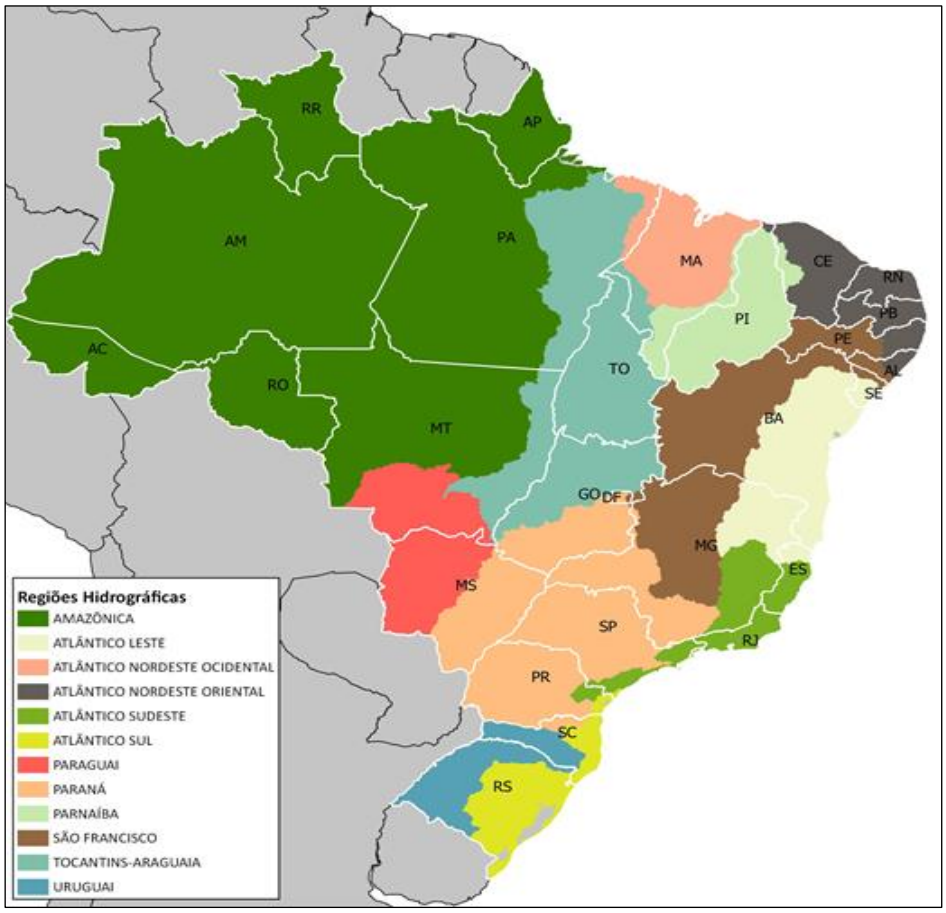


Figura 3 – Regiões Hidrográficas do Brasil.

Fonte: SIGRH, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Além das regiões hidrográficas, o Estado de São Paulo divide seu território em 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, UGRHIs, levando em consideração características hidrológicas, ambientais, socioeconômicas e administrativas. É possível observar na Figura 4 a localização dessas unidades, ainda de acordo com o SIGRH.

Segundo estudo apresentado no XXV Encontro Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas, o Município de Paraibuna é abrangido por três unidades hidrográficas, com destaque para a Bacia do Paraíba do Sul e suas 7 sub-bacias N6, que ocupam 88,7% do território total. Uma parte menor pertence à Bacia do Alto Tietê, correspondendo a 10,11% do lado oeste. Além disso, Paraibuna possui uma pequena porção territorial no extremo sul, que faz parte do Litoral Norte, representando 1,12% de sua área (Silva et al., 2023).

Figura 4 – UGRHIs no Estado de São Paulo.

Fonte: SIGRH, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

No mapa a seguir é apresentada a hidrografia presente no município de Paraibuna.

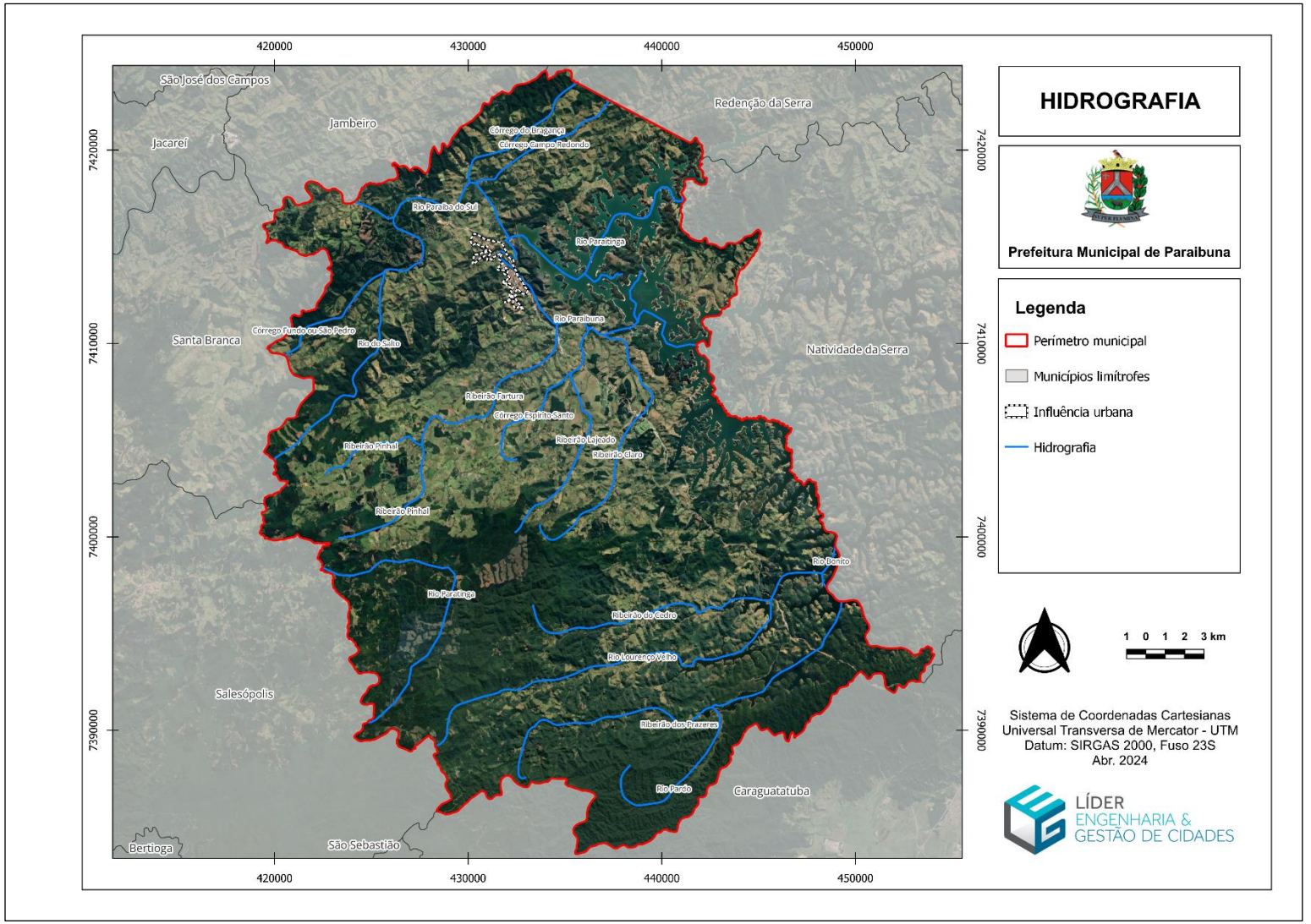


Figura 5 – Mapa de Hidrografia da Estância Turística de Paraibuna.

Fonte: ANA. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.3.5. Geologia

Como conceito, a geologia busca o conhecimento da origem da terra, além de sua estrutura, composição, processos de dinâmica interna e externa e de sua evolução.

A geologia possibilita o entendimento da formação de minerais e rochas, significado dos fósseis, a origem de vulcões, terremotos, maremotos e montanhas, a formação de solos, o transporte e deposição de sedimentos, e a acumulação de água subterrânea.

Para o Município de Paraibuna foi realizado o levantamento geológico no Banco de Dados e Informações Ambientais, BDiA, e analisadas as subprovíncias que estão presentes no território do município.

Identificou-se que Paraibuna possui apenas uma subprovíncia em seu território, sendo a Embu-Rio Negro-Paranapiacaba, com 91,21% de incidência, já o restante (8,79%), é caracterizado pela presença de corpos d’água.

A Figura 6 apresenta o mapa geológico do Município, segundo as informações levantadas.

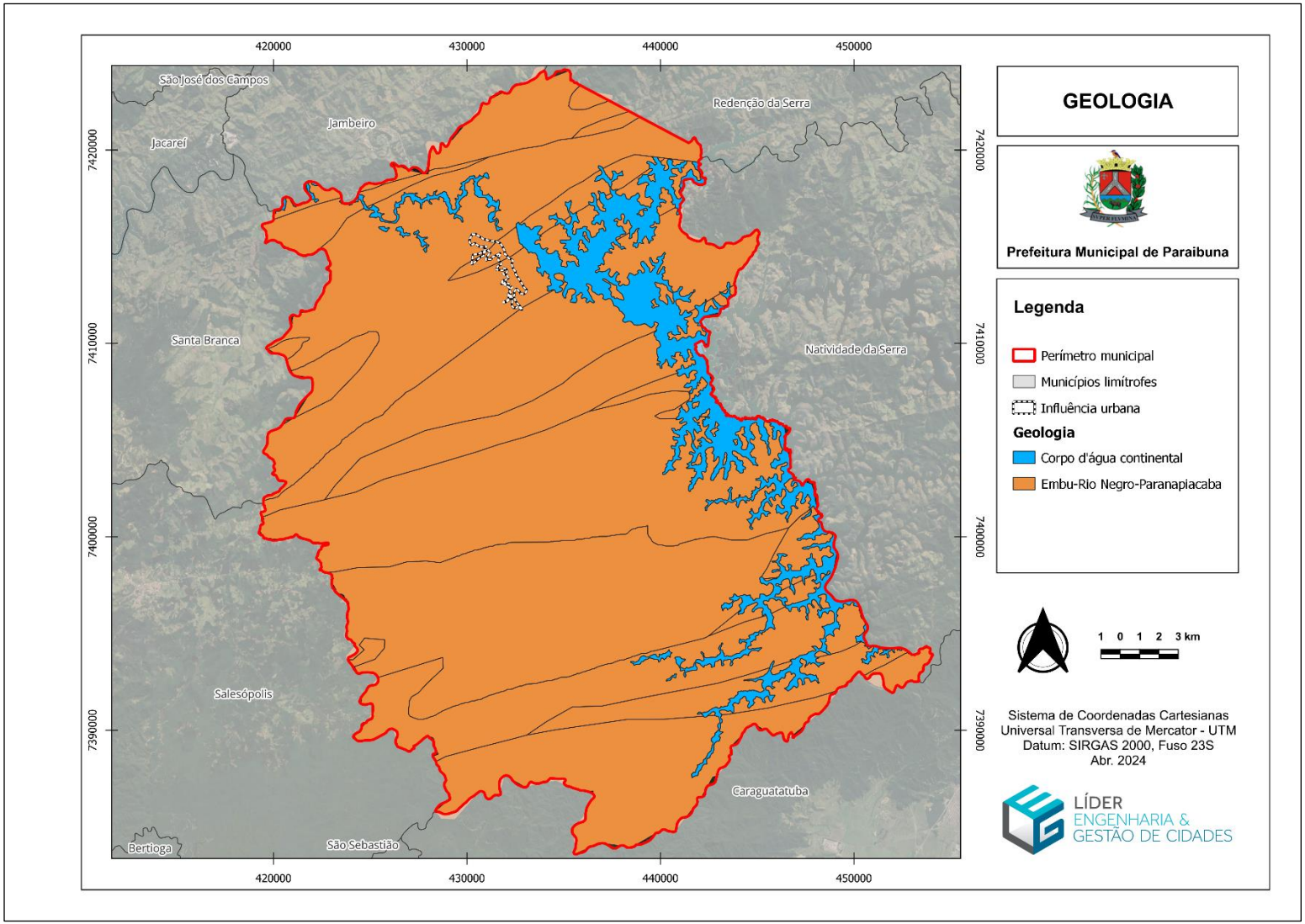


Figura 6 – Mapa Geológico da Estância Turística de Paraibuna.

Fonte: BDIA/IBGE. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.3.6. Geomorfologia

A Geomorfologia pode ser entendida como a ciência que estuda as formas do relevo, considerado a expressão espacial de uma superfície terrestre, que formam variadas paisagens geomorfológicas (Christofoletti, 1974).

É uma ciência que engloba os estudos das formas superficiais do relevo, seus métodos de formação geológica e dinâmica de transformação, é um estudo amplo que compreende elementos e encadeamento de fatores que fornecem a transformação do modelo terrestre em diferentes escalas de tempo portando busca analisar os agentes endógenos e exógenos de formação do relevo.

Para o município de Paraibuna foi realizado o levantamento geomorfológico no BDiA, e analisadas as unidades que estão presentes no território do município.

As características da geomorfologia de Paraibuna se dão pela formação do relevo a partir do Planalto de Salesópolis, com incidência de 47,09%, Patamar de Paraitinga, com 38,50% e uma menor porção da Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, com 5,64%.

A Figura 7 apresenta o mapa geomorfológico do Município de Paraibuna.

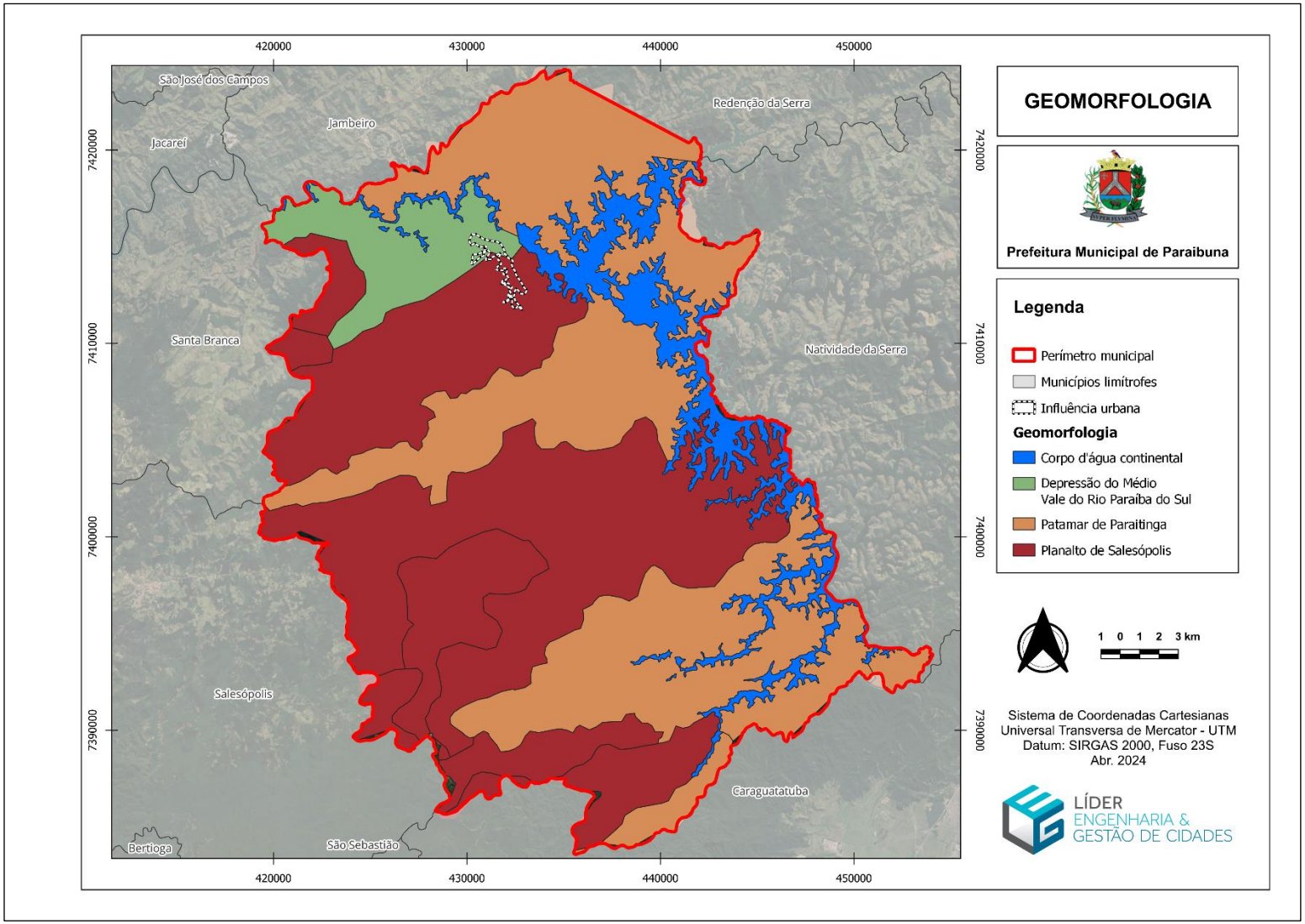


Figura 7 – Mapa Geomorfológico da Estância Turística de Paraibuna.

Fonte: BDIA/IBGE. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.3.7. Declividade

Declividade pode ser entendida como a inclinação do relevo em relação ao plano horizontal. Segundo Mueller et al. (2010), este parâmetro segue como uma das principais características geomorfológicas que restringem o uso de máquinas agrícolas, pois afeta diretamente as condições de tráfego, influenciando tanto a velocidade de deslocamento quanto a estabilidade das máquinas.

A declividade também pode influenciar de maneira direta na radiação solar recebida pelas diferentes encostas, explicando as diferenças encontradas na distribuição e propriedades dos solos em encostas, na distribuição do escorrimento superficial e desenvolvimento das redes de drenagem (Höfig; Araujo Junior, 2015).

No que tange as áreas de declive, a Tabela 5 relaciona as classes de declividades com indicações gerais da adequabilidade e restrições para o planejamento.

Tabela 5 – Classes de declividade com indicações gerais da adequabilidade e restrições para o planejamento.

Intervalos	Inclinações	Indicações para o planejamento
0 – 5%	2°51’	**Áreas com muito baixa declividade**. Restrições à ocupação por dificuldades no escoamento de águas superficiais e subterrâneas.
5 – 10%	2°51’ – 5°42’	**Áreas com baixa declividade**. Dificuldades na instalação de infraestrutura subterrânea como redes de esgoto e canalizações pluviais.
10 – 20%	5°42’ – 11°18’	**Áreas com média declividade**. Aptas à ocupação considerando-se as demais restrições como: espessura dos solos, profundidade do lençol freático, susceptibilidade a processos erosivos, adequabilidade a construções, etc.
20 – 30%	11°18’ – 18°26’	**Áreas com alta declividade**. Restrições à ocupação sem critérios técnicos para arruamentos e implantação de infraestrutura em loteamentos
> 30%	> 18°26’	**Áreas com muito alta declividade.** Inaptas à ocupação face aos inúmeros problemas apresentados.

Fonte: Embrapa. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Analisando a tabela acima e as figuras abaixo contendo os mapas de declividade e hipsometria do município de Paraibuna, percebe-se que as menores altitudes observadas no município se encontram na porção Norte e Centro-Norte, correspondendo às margens dos rios Paraíba do Sul e Paraibuna, bem como aos limites da Sede Municipal e do centro urbano.

Em contrapartida, as maiores altitudes localizam-se na região Centro-Oeste do município, coincidindo com o divisor de águas entre as bacias hidrográficas do Paraíba do Sul e do Alto Tietê. A diferença altimétrica analisada em Paraibuna é de 695 metros.

Com relação a declividade, ao redor deste significativo divisor de águas, no lado referente à bacia do rio Paraíba do Sul, são encontradas as áreas com maiores acentuações, incluindo regiões limítrofes ao centro urbano e no extremo norte do município.

Devido à acentuada declividade nas proximidades do centro urbano, determinados pontos da cidade enfrentam problemas recorrentes de inundações e alagamentos, especialmente nas áreas de menor altitude.

A topografia inclinada contribui para o rápido escoamento das águas pluviais, que se acumulam nos pontos mais baixos, agravando a vulnerabilidade dessas áreas e impactando a infraestrutura urbana. Esse fenômeno é uma das principais causas dos eventos de inundação que afetam o município.

A Figura 8 apresenta imagens da área urbana do município, evidenciando a ocupação em áreas de inclinações acentuadas e morros, onde muitas dessas edificações são irregulares e apresentam um potencial risco de deslizamento.

Além disso, a Figura 9 identifica locais na cidade onde já ocorreram problemas devido ao aumento do nível da água em córregos urbanos ou alagamentos. Esses pontos críticos estão frequentemente associados às áreas de maior declividade e menor altitude, onde o acúmulo de água é intensificado.

Já na Figura 10 são apresentados locais onde estão ocorrendo obras relacionadas à melhoria do sistema de drenagem no município e dos corpos hídricos de influência urbana.

Figura 8 - Declividade acentuada na área urbana de Paraibuna.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 9 - Locais com ocorrência de inundações em Paraibuna.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 10 - Obras municipais relacionadas com o sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Os mapas contendo a declividade e hipsometria do Município de Paraibuna são apresentados nas Figura 11 e Figura 12, respectivamente.

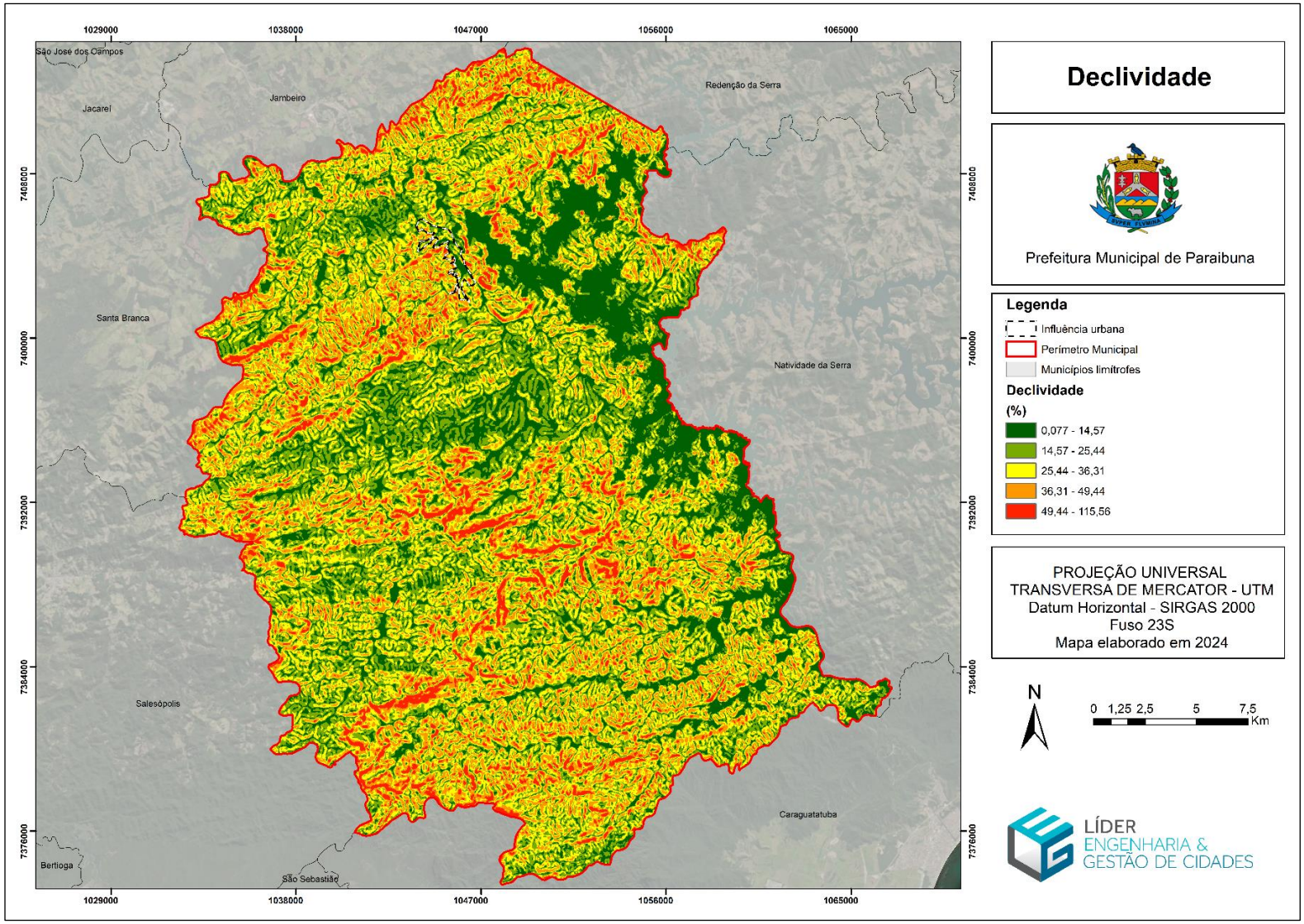


Figura 11 – Mapa de declividade da Estância Turística de Paraibuna.

Fonte: TOPODATA/INPE. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

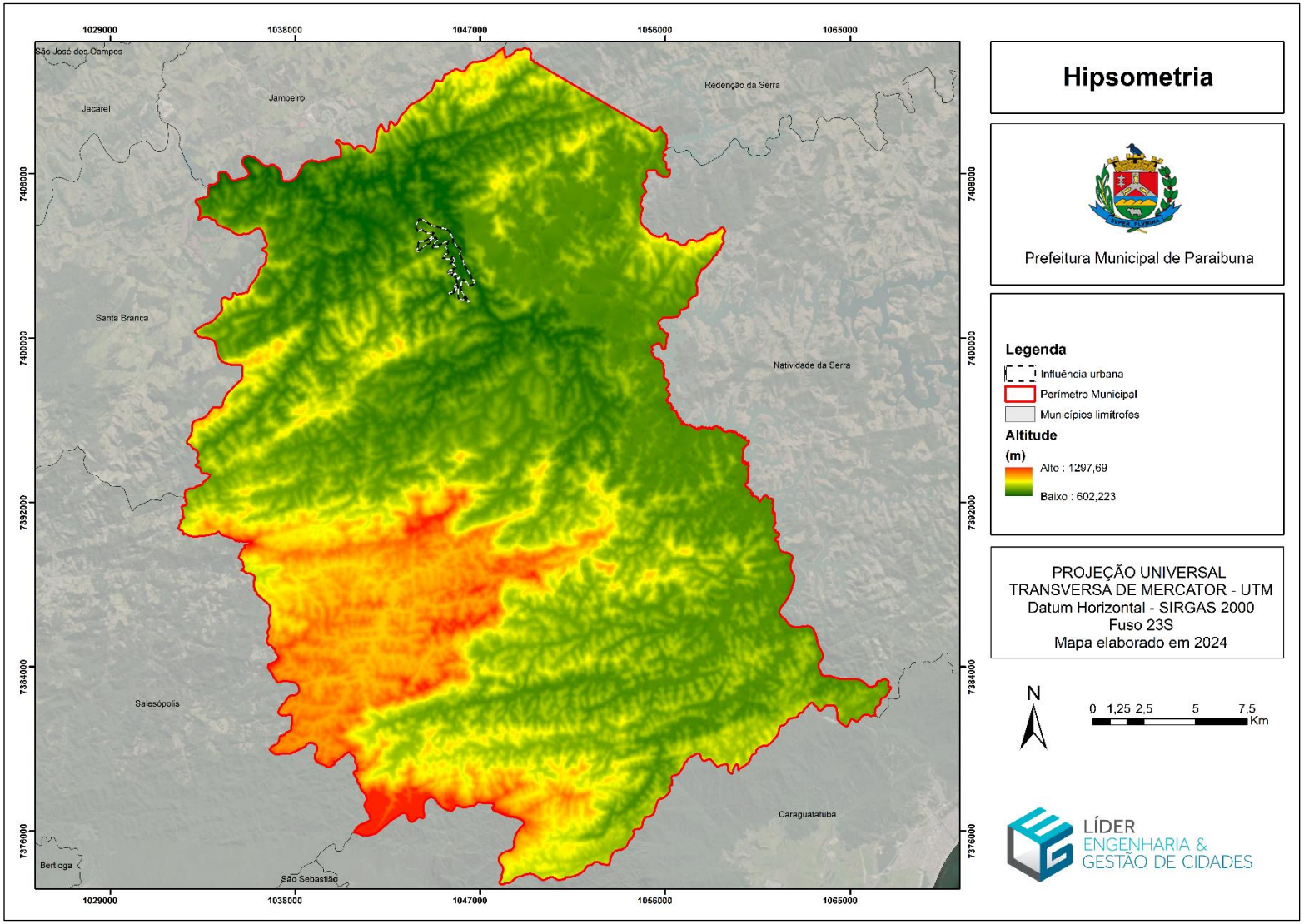


Figura 12 – Mapa de altitude da Estância Turística de Paraibuna.

Fonte: TOPODATA/INPE. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.3.8. Solo

O Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, estabelece que o solo é um conjunto de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos.

O solo é constituído pelas fases sólida, líquida, gasosa e orgânica, sendo sólido os minerais, o líquido e gasoso correspondem aos poros e a orgânica é representada pela matéria orgânica que compõem o solo.

Para o Município de Paraibuna são 3 tipos de solos predominantes em seu território. Em proporções decrescentes são: Argissolo Vermelho – Amarelo (58,49%), Latossolo Vermelho – Amarelo (25,87%) e Cambissolo Háplico (6,82%), sendo o restante composto por corpo d'água continental e área urbanizada.

Quadro 1 - Características dos Tipos de Solos.

Solo	Características
Argissolo Vermelho – Amarelo	São caracterizados por uma coloração avermelhada a amarelada, devido à presença de óxidos de ferro e alumínio em sua composição. são geralmente bem drenados e profundos, com boa capacidade de retenção de água e nutrientes. Eles tendem a ser moderadamente ácidos a ligeiramente ácidos, e sua fertilidade natural pode variar dependendo da localização e das condições de formação do solo.
Latossolo Vermelho – Amarelo	Apresentam as mesmas características do Argissolo Vermelho - Amarelo no quesito de profundidade e drenagem, porém associados aos relevos plano, suave ondulado ou ondulado. De forma geral, o Latossolo Vermelho - Amarelo é utilizado na agropecuária com deficiência na ordem química de profundidade ao desenvolvimento do sistema radicular se forem álicos, distróficos ou ácricos, apresentam também barreiras ao uso do solo devido à baixa quantidade de água para as plantas
Cambissolo Háplico	São solos pouco desenvolvidos que apresentam características da rocha evidenciado pela presença de minerais primários. Em específico para Cambissolos Háplicos, são identificados normalmente em relevos forte ondulados ou montanhosos.

Fonte: Embrapa, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Figura 13 mostra o mapa pedológico do território de Paraibuna.

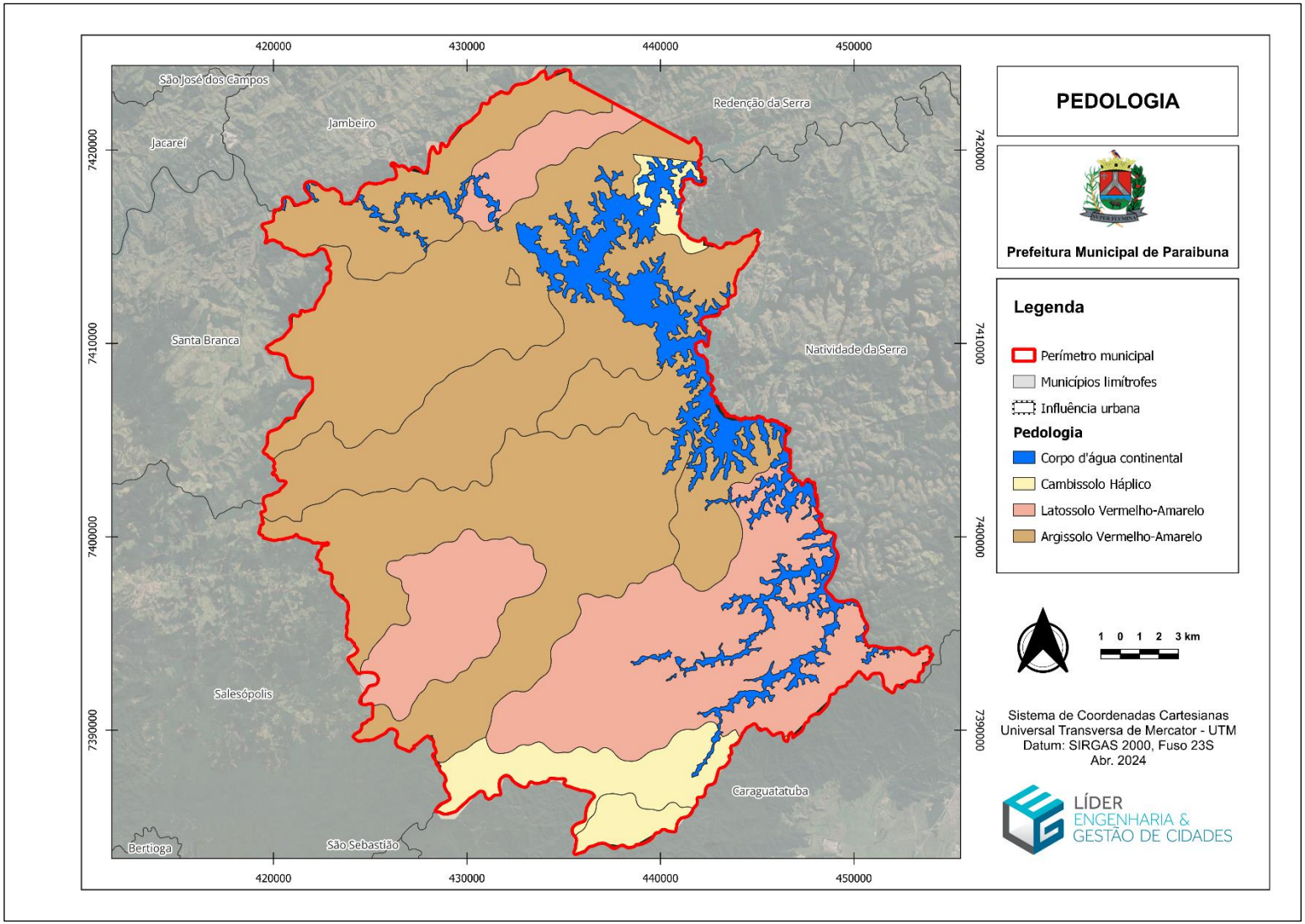


Figura 13 – Mapa Pedológico da Estância Turística de Paraibuna.

Fonte: BDIA/IBGE. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.3.9. Vegetação

A vegetação é um dos atributos de maior significância da biota, por isso, sua conservação é essencial para manutenção de serviços ambientais, existência de hábitats para as espécies e garantia de bens necessários à sobrevivência humana. Sendo assim, é um tópico indispensável de análises para estabelecimento de políticas públicas que visem sua preservação e uso sustentável (MMA, 2023).

O estado de São Paulo tem sua vegetação composta por Mata Atlântica e Cerrado, sendo elas de extrema importância para o clima local. A biodiversidade deste bioma ampara diversas atividades econômicas voltadas para fins agrossilvopastoris e industriais.

A Mata Atlântica é composta por formações florestais e ecossistemas associados. Situa-se em 17 estados brasileiros, estendendo-se na costa do país, com área de 1,1 milhões de km². No entanto, devido à ocupação e atividades humanas na região, hoje restam cerca de 29% de sua cobertura original. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2022):

> *"As florestas e demais ecossistemas que compõem a Mata Atlântica são responsáveis pela produção, regulação e abastecimento de água; regulação e equilíbrio climáticos; proteção de encostas e atenuação de desastres; fertilidade e proteção do solo; produção de alimentos, madeira, fibras, óleos e remédios; além de proporcionar paisagens cênicas e preservar um patrimônio histórico e cultural imenso." (MMA, 2022).*

O Cerrado está presente em todas as Regiões brasileiras, e ocupa uma área de aproximadamente 2 milhões de km², cerca de 23,3% do território nacional. Neste bioma estão situadas as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), fato este que resulta em um elevado potencial aquífero e favorece a sua biodiversidade.

Possui diversos tipos de fitofisionomias, que abrangem formações campestres, savânicas, e florestais, além de ser considerado como um hotspot mundial de biodiversidade devido a abundância de espécies endêmicas.

"O bioma também tem importante papel social: muitas populações sobrevivem de seus recursos naturais, incluindo etnias indígenas, geraizeiros, ribeirinhos, babaçueiras, vazanteiros e Comunidades quilombolas que, juntas, fazem parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro, e detêm um conhecimento tradicional de sua biodiversidade." (MMA, 2022).

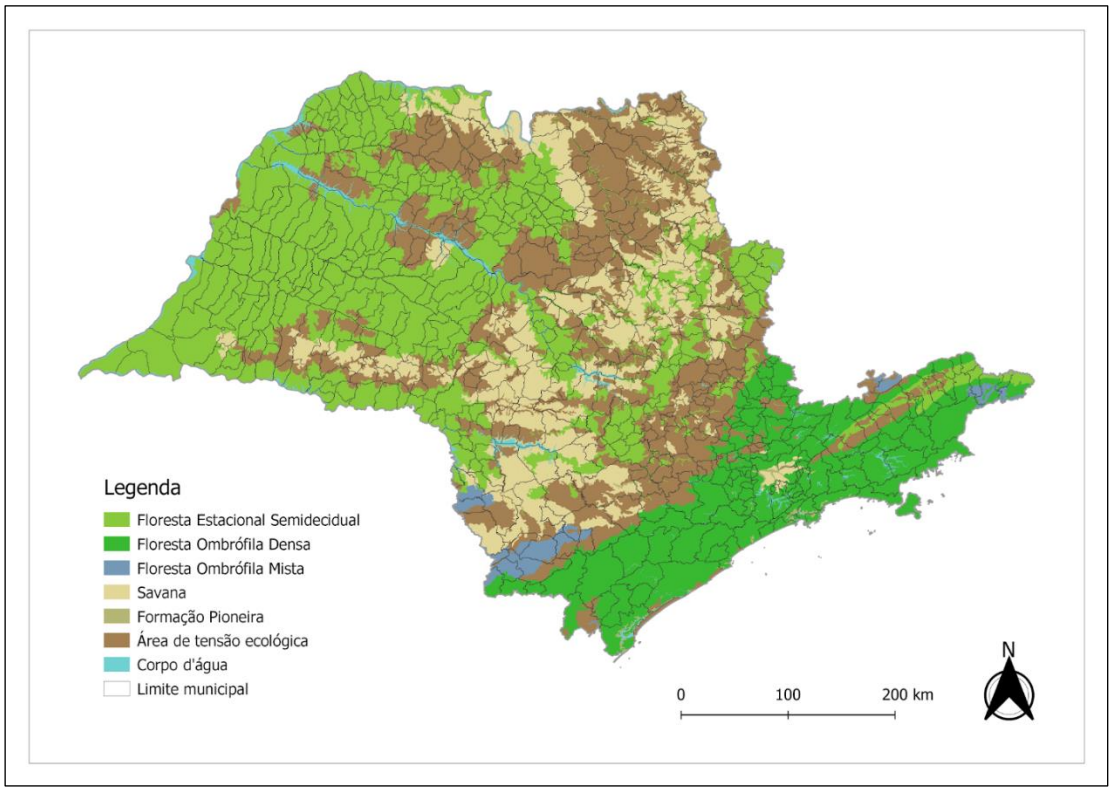


Figura 14 – Regiões Fitoecológicas do Estado de São Paulo.

Fonte: IBGE, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Na Figura 15 é apresentado o mapa contendo a cobertura vegetal remanescente no Município de Paraibuna, com destaque para a presença de florestas ombrófilas densas e plantações florestais de eucaliptos, muito presentes na região. Vale destacar que no território de Paraibuna, há a presença de duas unidades de conservação, sendo a Área de Proteção Ambiental Bacia do Paraíba do Sul e o Parque Estadual da Serra do Mar.

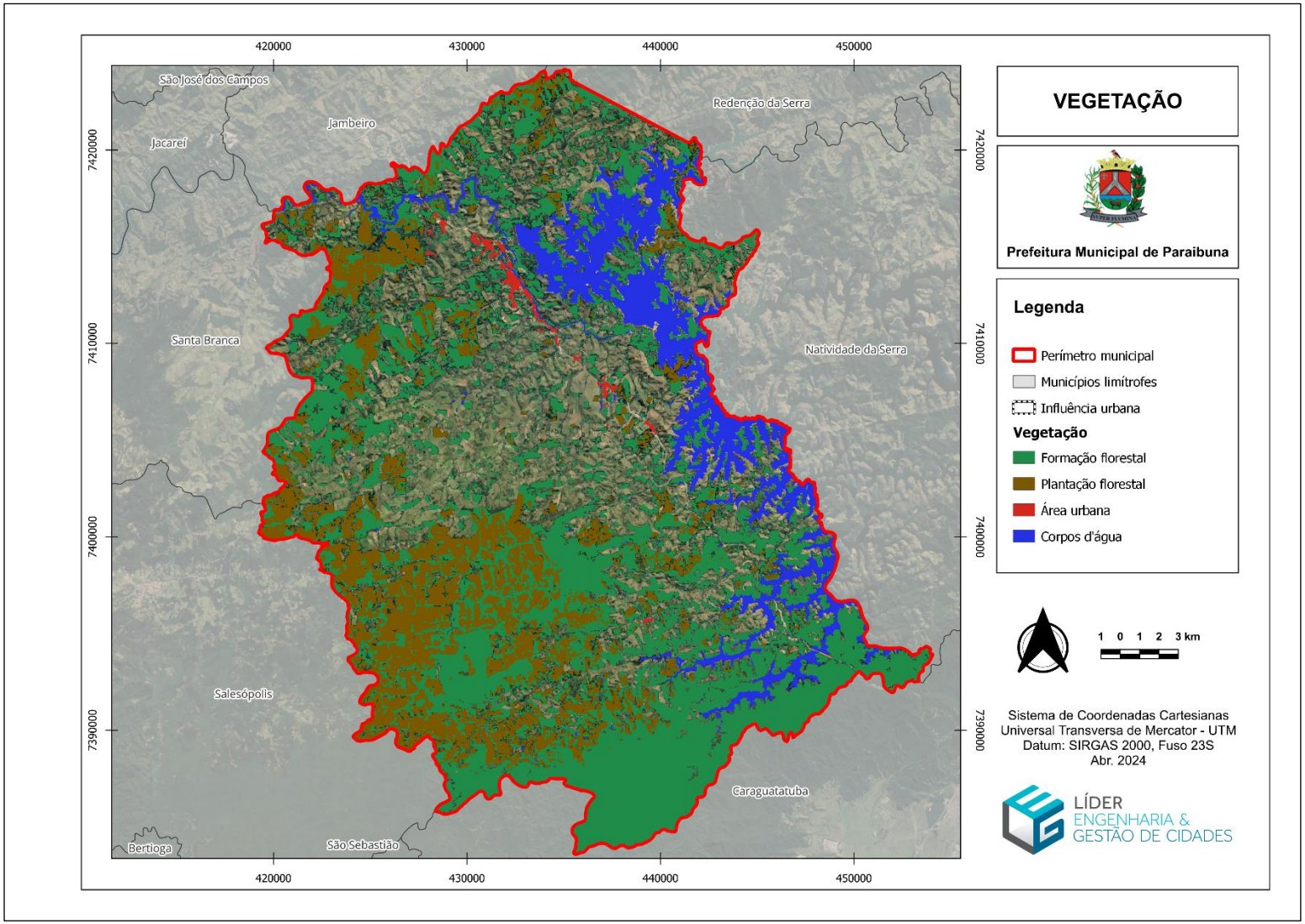


Figura 15 – Cobertura vegetal da Estância Turística de Paraibuna.

Fonte: BDIA/IBGE. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.4. Aspectos Socioeconômicos

Neste tópico serão analisados os principais indicadores socioeconômicos do município de Paraibuna, com vista a compreender o processo de produção do espaço e a sua relação com a população e a economia do local, sendo:

- A caracterização demográfica;
- Os dados econômicos;
- Os indicadores de qualidade de vida.

1.4.1. Densidade Demográfica

Densidade demográfica, densidade populacional ou população relativa é a medida expressa pela relação entre a população e a superfície do território, geralmente aplicada a seres humanos e expressada em hab/km² (habitantes por quilômetro quadrado).

No Município de Paraibuna, a densidade demográfica era de 21,82 hab/km², para o ano 2022, de acordo com o IBGE, com o total de 17.667 habitantes (IBGE, 2024).

O resultado da densidade demográfica permite que o município desenvolva políticas públicas para atender as necessidades sociais e econômicas de uma determinada população. Este dado permite avaliar também os impactos causados ao ambiente pelo excesso de pessoas em um determinado local. Monitorando desta forma, o desmatamento, a poluição de rios e córregos e a geração de resíduos (IBGE, 2024).

1.4.2. Taxa de Urbanização

A taxa de urbanização, como conceito, é definida como o percentual da população residente em determinadas áreas urbanas, durante o ano considerado. Conforme dados elaborados pela PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) realizado em 2015, 84,72% da população brasileira vive em áreas urbanas (IBGE, 2015).

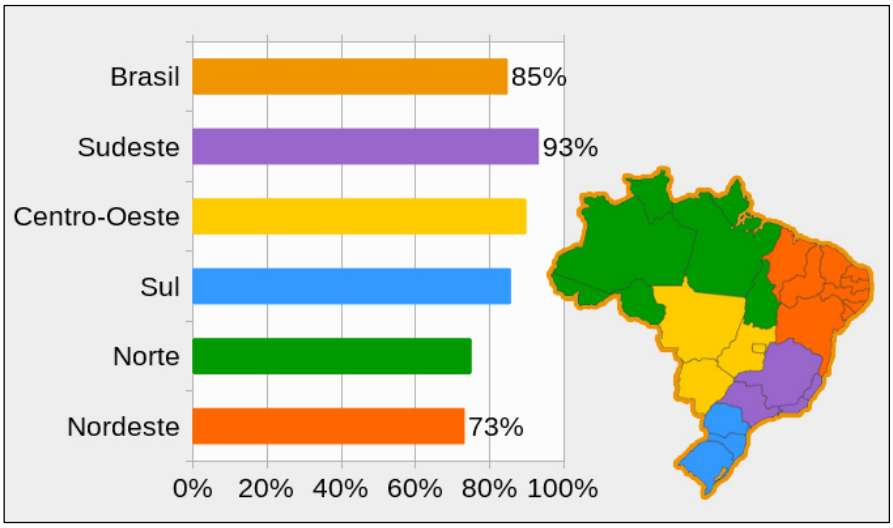


Figura 16 – Taxas de Urbanização das Regiões Brasileiras (2015).

Fonte: IBGE, 2015. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Por definição, a taxa de urbanização é encontrada pela divisão quantitativa da população urbana pela população total, multiplicada por 100 (IBGE, 2015).

$$\frac{\text{População urbana}}{\text{População total}} \times 100 = \text{Taxa de urbanização}$$

Figura 17 – Cálculo da Taxa de Urbanização.

Fonte: IBGE, 2015. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 6 – Taxa de urbanização de Paraibuna.

Município	Ano	População urbana	População rural	População total	Taxa de Urbanização (%)
Paraibuna	2021	5.518	12.784	18.302	30,15

Fonte: SNIS 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades,2024.

Em sentido contrário a maioria dos municípios brasileiros, Paraibuna possui mais habitantes vivendo em áreas rurais em relação às áreas urbanas. De acordo com as projeções populacionais elaboradas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, o SNIS apresentou valores da taxa de urbanização do município, entretanto, não foram encontrados dados acerca da

população urbana do município no último ano de referência do SNIS (2022), sendo utilizado para o cálculo os valores referentes ao ano de 2021, onde o Município apresentava a população total de 18.302 habitantes.

De acordo com informações levantadas durante visita técnica ao município, um dos motivos que fazem com que Paraibuna apresente uma grande quantidade de habitantes em áreas rurais são os bairros e aglomerados que se estabeleceram nesses locais afastados da Sede Municipal, alguns desses locais são caracterizados por loteamentos irregulares.

Na Tabela 7 são apresentados os nomes desses bairros rurais, juntamente com o mapa de localização, elencados na Figura 18.

Tabela 7 - Bairros Rurais no Município de Paraibuna.

Bairros	Nome dos Bairros	Bairros	Nome dos Bairros
1	“Paulo Pirata”	36	Moraes
2	Alegre	37	Morro Azul
3	Alto da Serra	38	Nascente do Parahytinga
4	Boa Esperança	39	Nsa.Sra. Remédios
5	Bosque dos Ipês	40	Pavoeiro
6	Bragança	41	Pico Agudo
7	Caminhos do Mar	42	Pico do Papagaio
8	Campo Redondo	43	Pimentas
9	Canoas	44	Pinhal Lajeado
10	Cap. Maneco	45	Pinhalzinho
11	Capim D'Angola	46	Pitas
12	Capim D'Angola II	47	Porto
13	Caracol	48	Prazeres
14	Caracol II	49	Quinta dos Lagos
15	Cedro	50	Remedinho dos Prazeres
16	Cedro Alto	51	Ribeirão Branco
17	Chácara dos Eucaliptos	52	Rio Claro
18	Colinas	53	Rio dos Couros
19	Comércio	54	Rio Negro
20	Espel	55	Rio Pardo
21	Escaramuças	56	Roseira
22	Esp. Santo	57	São Geraldo
23	Estância Sta. Barbara	58	Sta. Edwiges
24	Fartura	59	São Benedito
25	Gibraltar	60	São Damião
26	Goiabeira	61	São Germano
27	Grama	62	Teles Alto
28	Ilhéus	63	Teles I
29	Itapeva	64	Teles II
30	Jardim Panorama	65	Terra Seca
31	Lajeado	66	Vargem Grande
32	Lourenço Velho	67	Varjão
33	Macaco	68	Vila Amélia
34	Mato Dentro	69	Vila Machado
35	Minhoqueiro	70	Village

Fonte: Prefeitura Municipal de Paraibuna, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

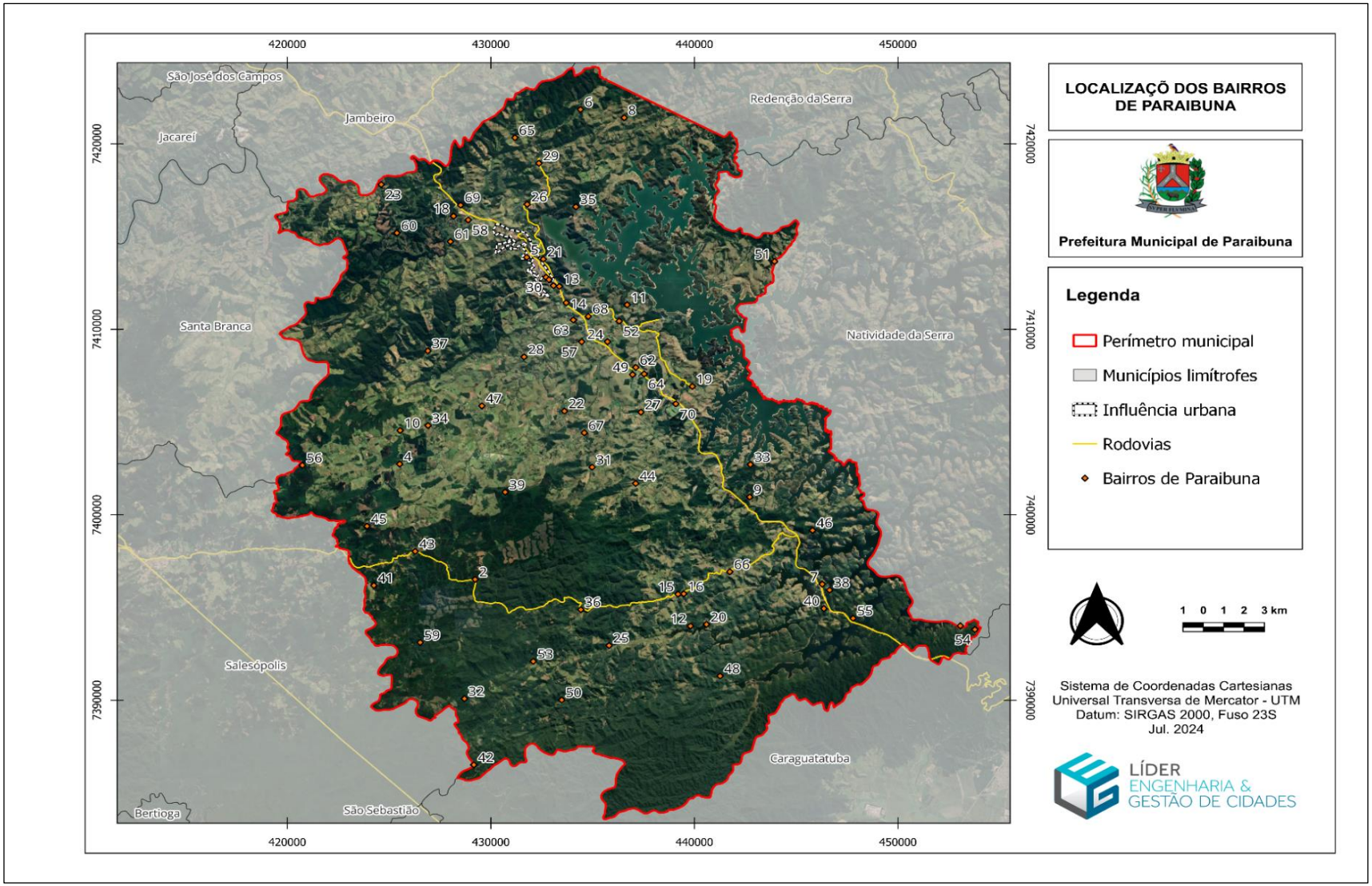


Figura 18 – Mapa de localização dos Bairros Rurais de Paraibuna.
Fonte: Prefeitura Municipal de Paraibuna, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.4.3. Distribuição por Gênero

A composição por sexo da população de Paraibuna evidencia maior número de homens em relação as mulheres no ano de 2017, ainda que há pouca diferença entre eles, sendo respectivamente, 50,82% e 49,18%.

1.4.4. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM

O cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, IDHM, possui a finalidade de caracterizar a qualidade do desenvolvimento do cidadão através do estudo de três indicadores, sendo eles: a longevidade, a renda e a educação.

Para efeito de comparação, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNDU, indica que o valor desse índice deve variar de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo a 1, melhor é a qualidade do desenvolvimento do indivíduo e, quanto mais próximo a 0, pior é o seu desenvolvimento.

Foram avaliados aspectos relacionados à educação, longevidade, emprego e renda, acesso ao trabalho, condições habitacionais e outras variáveis que integram alguns dos indicadores de desenvolvimento humano mencionados. A variação metodológica, bem como o distanciamento do período de publicação destes indicadores aponta diferenças, sobretudo na classificação do município, especialmente quando se estabelece comparativos entre os indicadores.

Vale ressaltar que, os dados mais atuais de valores de IDHM individuais disponíveis são apenas para o ano de 2010.

Em 2010, o IDHM do município ocupava a 476ª posição entre os municípios do estado de São Paulo. E em relação ao nível nacional, ocupava a 1.331ª posição, sendo 0,719 seu IDHM no mesmo ano, valor considerado na faixa de Desenvolvimento Humano alto (IBGE, 2010).

A Tabela 8 apresenta a série histórica do IDHM de Paraibuna comparando com a série histórica do Estado de São Paulo e de sua capital nos anos de 1991, 2000 e 2010.

Tabela 8 – Série Histórica do IDH do Estado de São Paulo, da Capital Paulista e de Paraibuna nos anos de 1991, 2000 e 2010.

Ano	IDH Estado de São Paulo	IDHM São Paulo (capital)	IDHM Paraibuna
1991	0,578	0,626	0,418
2000	0,702	0,733	0,623
2010	0,783	0,805	0,719

Fonte: Atlas Brasil, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Tabela 9 mostra a evolução do IDHM do município durante os censos realizados pelo IBGE nos anos de 2000 e 2010, sendo possível notar a qualidade registrada devido ao aumento de 0,623 para 0,719. Mostra-se também a significância em cada setor, Educação, Longevidade e Renda.

Tabela 9 – Evolução do IDHM de Paraibuna e seus componentes nos anos de 2000 e 2010.

IDHM e componentes	2000	2010
IDHM	**0,623**	**0,719**
IDHM Educação	**0,467**	**0,642**
% de 18 anos ou mais com fundamental completo	30,55	48,83
% de 4 a 5 anos na escola	51,84	82,72
% de 11 a 13 anos nos anos finais do ensino fundamental ou com ensino fundamental completo	77,60	80,90
% de 15 a 17 anos com ensino fundamental completo	50,26	70,86
% de 18 a 20 anos com ensino médio completo	27,94	43,75
IDHM Longevidade	**0,782**	**0,815**
Esperança de vida ao nascer	71,89	73,91
IDHM Renda	**0,661**	**0,709**
Renda *per capita*	490,29	657,59

Fonte: Atlas Brasil, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Em 2010, a dimensão que mais contribuiu para o IDHM do município foi a Longevidade, com índice de 0,815, seguida de Renda *per capita*, com índice de 0,709 e por último de Educação com índice de 0,642.

1.4.5. Educação

Para este índice, são considerados cinco indicadores, sendo que em quatro referem-se ao fluxo escolar de crianças e jovens com o intuito de medir até que ponto estão frequentando a escola na série adequada à sua idade. Como quinto indicador, está a escolaridade da população.

Para o Município de Paraibuna, em 2010, a proporção de crianças de 5 a 6 anos na escola era de 98,94%. No mesmo ano, a proporção de crianças de 11 a 13 anos frequentando os anos finais do ensino fundamental era de 80,90% (Atlas Brasil, 2024).

A proporção de jovens de 15 a 17 anos com ensino fundamental completo era de 70,86%. E a proporção de jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo era de 43,75% (Atlas Brasil, 2024).

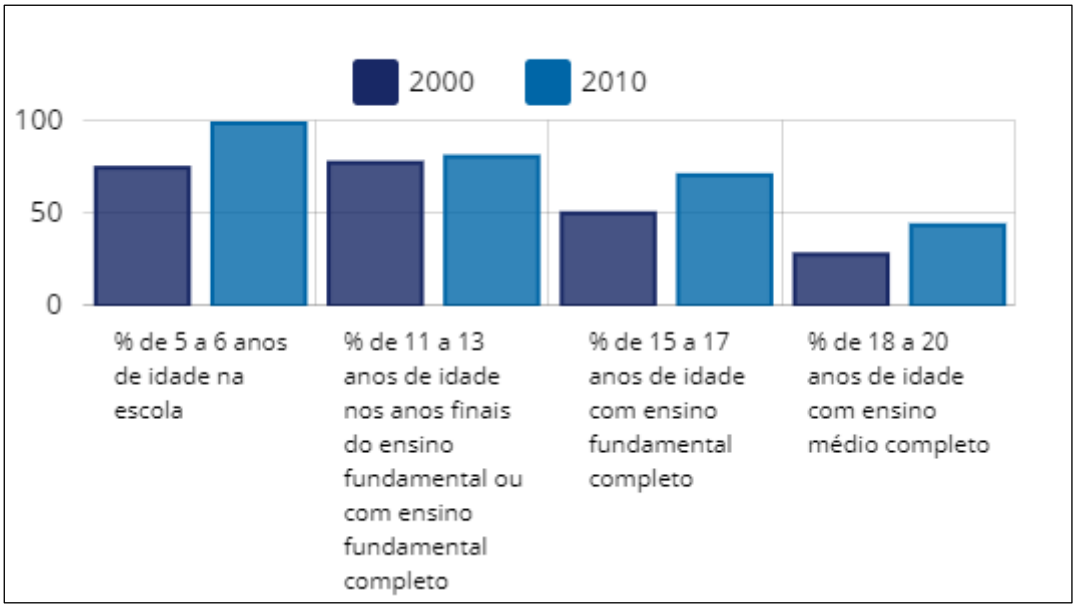


Figura 19 – Fluxo escolar de crianças e jovens de Paraibuna nos anos de 2000 e 2010.

Fonte: Atlas Brasil, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.4.6. Razão de dependência, taxa de mortalidade e esperança de vida

A razão de dependência é o percentual da população com menos de quinze anos de idade e da população com sessenta e cinco anos de idade ou mais, classificados como população dependente em relação à população de quinze anos a sessenta e quatro anos, ou seja, a população potencialmente ativa.

Enquanto que a taxa de envelhecimento é a razão entre a população com sessenta e cinco anos de idade ou mais em relação a população total. Sendo assim, tem-se que a razão de dependência total de Paraibuna passou de 57,64% (2000) para 47,07% (2010) e a proporção de idosos de 6,61% para 8,96% (Atlas Brasil, 2024).

A Tabela 10 menciona a estrutura etária entre os anos de 2000 e 2010, segundo o IBGE.

Tabela 10 – Estrutura etária da população de Paraibuna nos anos de 2000 e 2010.

Estrutura etária	2000		2010	
	População	% do Total	População	% do Total
Menor de 15 anos	5.094	29,95	4.007	23,05
15 a 64 anos	10.790	63,44	11.823	68
65 anos ou mais	1.125	6,61	1.558	8,96
Razão de dependência	57,64	-	47,07	-
Taxa de envelhecimento	6,61	-	8,96	-

Fonte: Atlas Brasil, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A taxa de mortalidade infantil é definida como o número de óbitos de crianças com menos de um ano de idade para cada mil nascidos vivos. No município essa taxa apresentou o valor de 04,85 (2006) e 04,93 (2022), sendo a maior taxa observada no ano de 2007, no valor de 18,78 óbitos cada mil nascidos vivos. As informações foram elencadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Taxa de mortalidade infantil em Paraibuna nos anos de 2006 a 2022.

Ano	Taxa de Mortalidade Infantil (Óbitos por mil nascidos vivos)
2006	04,85
2007	18,78
2008	05,00
2009	09,71
2010	09,22
2011	08,10
2012	SEM DADOS
2013	9,76

2014	4,78
2015	12,77
2016	04,72
2017	04,72
2018	13,89
2019	05,62
2020	05,13
2021	09,71
2022	04,93

Fonte: IBGE, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.4.7. Economia

Economia é considerada uma ciência social, pois engloba o comportamento que resulta nas necessidades individuais das pessoas, abordando a produção, distribuição e consumo de bens e serviços que promovem a qualidade de vida e sobrevivência humana (Feausp, 2021).

Em relação ao crescimento econômico e desenvolvimento social dos municípios, o Valor Adicionado (VA) detém influência direta nos principais setores econômicos responsáveis pela economia local de cada região, que são: Serviços, Indústria e Agricultura (Barth *et al.*, 2018).

VA compreende-se como uma maneira de medir o valor criado por algum agente econômico, após retirados os custos com matéria-prima, serviços e bens intermediários, obtendo-se o valor dos bens produzidos por uma economia (Barth *et al.*, 2018).

Em relação ao município de Paraibuna, o mesmo possui um PIB de cerca de R$ 351,8 milhões no ano de 2021, sendo a maior parte (41%) oriundo de serviços (IBGE). O município se destaca pela agricultura familiar, pecuária e comércios, além de uma grande parcela de recursos provenientes do turismo na região, muito devido à proximidade com a Represa de Paraibuna.

1.4.8. Produto Interno Bruto (PIB)

O Produto Interno Bruto – PIB, representa a soma em valores monetários de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região, sendo países, estados ou municípios, durante um período determinado de tempo.

O PIB é um dos indicadores mais utilizados na macroeconomia com o objetivo de quantificar a atividade econômica de uma região.

Entretanto, o PIB é apenas um indicador síntese de uma economia. Ele ajuda a compreender um país, mas não expressa importantes fatores, como distribuição de renda, qualidade de vida, educação e saúde.

Um país tanto pode ter um PIB pequeno e ostentar um altíssimo padrão de vida, como registrar um PIB alto e apresentar um padrão de vida relativamente baixo.

Na Tabela 12 é apresentada a evolução do PIB per capita do município de Paraibuna, do ano de 2010 até o ano de 2020, segundo dados do IBGE.

Tabela 12 – Evolução do PIB per capita de Paraibuna entre o período de 2010 a 2021.

Ano	Valor (R$)
2010	12.241,27
2011	11.599,14
2012	12.643,41
2013	13.707,25
2014	15.309,48
2015	14.039,76
2016	14.414,22
2017	15.115,46
2018	15.333,75
2019	16.376,72
2020	17.607,69
2021	19.220,43

Fonte: IBGE, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.4.9. Saúde

De acordo com o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde, CNES, o Município de Paraibuna possui 04 estabelecimentos de saúde.

- Santa Casa de Paraibuna;
- Pronto Socorro Municipal de Paraibuna;
- UBS do bairro Espirito Santo;
- UBS do bairro Ribeirão Branco;

Segundo informações dispostas pela Prefeitura Municipal de Paraibuna, com o objetivo de atender todos os cidadãos da Estância Turística, o município possui 6 equipes da Estratégia Saúde da Família (ESF) realizando atendimento médico a 100%

da população da cidade, onde em muitos casos este é o único meio de levar atendimento para os bairros mais afastados do centro urbano.

Além das ESF, também é realizado o transporte de pacientes para outros municípios da região, como por exemplo Bauru, Campinas, Caraguatatuba, Guarulhos, Lorena, São José dos Campos, São Paulo e Taubaté, dentre outros, através do sistema do DRS (Departamento Regional de Saúde).

O Hospital Regional do Vale do Paraíba, sediado no Município de Taubaté, também realiza atendimento para população da mesorregião e Litoral Norte do Estado.

1.4.10. Vulnerabilidade Social

O Índice de Vulnerabilidade Social, IVS, é um indicador que permite aos governos um detalhamento sobre as condições de vida de todas as camadas socioeconômicas do país, identificando àquelas que se encontram em vulnerabilidade e risco social.

O índice faz menção à suscetibilidade à pobreza e é expressa por variáveis relacionadas à renda, educação, trabalho e moradia das pessoas e famílias em situações vulneráveis (Atlas Brasil, 2024).

Para estas quatro dimensões de indicadores, destacam-se para o Município os resultados apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Índices de Vulnerabilidade social em Paraibuna nos anos de 2000 e 2010.

Indicadores	Ano	
	2000	2010
Crianças e Jovens		
% de crianças de 0 a 5 anos de idade que não frequentam a escola	77	63
% de 15 a 24 anos de idade que não estudam nem trabalham em domicílios vulneráveis à pobreza	13,44	9,15
% de crianças com até 14 anos de idade extremamente pobres	11,65	4,39
Adultos		
% de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal	54,20	39,69
% de mães chefes de família, sem fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade	10,84	16,42
% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e dependentes de idosos	3,31	2,12
% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e que gastam mais de uma hora até o trabalho	-	0,39
Condição de Moradia		
% da população que vivem em domicílios com banheiro e água encanada	93,04	98,15

Fonte: Atlas Brasil, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Com base na dinâmica de alguns indicadores da tabela acima, pode-se destacar que, entre 2000 e 2010, houve redução no percentual de crianças extremamente pobres de 11,65% para 4,39%. Entretanto, o percentual de mães chefes de família sem fundamental completo e com filhos menores de 15 anos, passou de 10,84% para 16,42%, indicando um aumento considerável.

Durante este mesmo período analisado, houve redução no percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam nem trabalham e são vulneráveis à pobreza, mudando de 13,44% para 9,15%. E a população em domicílios com banheiro e água encanada no município aumentou de 93,04% para 98,15%.

2. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DE SANEAMENTO

No que se refere ao Município de Paraibuna a regulação e a fiscalização dos serviços são de responsabilidade da Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (ARES-PCJ).

A criação da Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (ARES-PCJ) foi impulsionada pela necessidade de os municípios cumprirem as exigências da Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece a obrigatoriedade de planejamento, regulação e fiscalização autônoma dos serviços de saneamento básico.

Inicialmente, a ideia era que cada município criasse seu próprio órgão regulador, mas o alto custo operacional levou prefeitos da região das bacias PCJ a buscar uma solução conjunta através do Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Consórcio PCJ).

Em 2010, foi proposto um consórcio público para criar a ARES-PCJ, com a condição de que a agência só seria instalada quando a soma das populações dos municípios interessados atingisse 1 milhão de habitantes. Após a aprovação das leis de ratificação em 22 municípios, superando a meta populacional, a Assembleia Geral de Instalação da ARES-PCJ ocorreu em 6 de maio de 2011, formalizando sua fundação e elegendo a presidência da agência.

Desde sua criação, a ARES-PCJ tem desempenhado um papel fundamental na regulação e fiscalização dos serviços de saneamento básico, expandindo seu alcance de 22 municípios e 1 milhão de habitantes em 2011 para 59 municípios e cerca de 8 milhões de pessoas em 2021. Ao longo de uma década, a agência consolidou-se como uma referência na promoção de práticas de saneamento eficientes e justas, beneficiando tanto os prestadores de serviços quanto os usuários.

Em relação ao manejo dos resíduos, a coleta convencional é realizada conforme um roteiro operacional estabelecido pela prefeitura, que cobre tanto as áreas urbanas quanto rurais, utilizando três caminhões coletores. Os serviços de limpeza pública são gerenciados pelo Departamento Municipal de Serviços Municipais, enquanto a destinação final dos resíduos ocorre através do transporte para o aterro sanitário de Jambeiro/SP.

No que se refere aos sistemas de drenagem urbana, a região em que Paraibuna se localiza apresenta características que favorecem o rápido escoamento das águas

pluviais, o que pode resultar em enchentes e inundações, afetando significativamente a vida urbana. Este cenário configura um dos maiores desafios para a gestão municipal, especialmente em períodos de chuvas intensas.

Desta forma, o presente diagnóstico abordará dados e informações referentes ao Sistema de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Município de Paraibuna, tanto na sede quanto na área rural, assim como a gestão de resíduos sólidos e o sistema de drenagem urbana. Esse levantamento visa fundamentar propostas de ações que garantam a funcionalidade e a integração dos serviços de saneamento básico, promovendo a excelência na qualidade de vida da população e o desenvolvimento sustentável do município.

2.1. Sistema de Abastecimento de Água

Os serviços de saneamento, em todos os seus eixos, dependem diretamente da disponibilidade de recursos hídricos. Além deste fato, a inexistência de tais serviços impacta significativamente a qualidade do recurso natural, que é essencial para a manutenção da vida e demais atividades cotidianas.

Assim, a análise da disponibilidade hídrica torna-se um importante instrumento de planejamento, utilizado para previsão das ações futuras que visam a universalização dos serviços de saneamento.

2.1.1. Descrição dos Sistemas de Abastecimento de Água Existentes

No Município de Paraibuna o sistema de abastecimento de água é administrado pela Companhia de Água e Esgoto de Paraibuna, CAEPA. O sistema é abastecido por 8 poços de captação subterrânea, sendo que apenas 5 se encontram em operação e 1 ponto de captação superficial no Rio Paraibuna. De acordo com informações da própria CAEPA, a população atendida com abastecimento de água é de 13.626 habitantes.

Sobre o tratamento de água em Paraibuna, há apenas uma Estação de Tratamento de Água (ETA) para tratar a água proveniente das captações e conta com 11 estações elevatórias para a distribuição. Ainda segundo informações do CAEPA, tanto o volume captado de água, quanto o tratado é cerca de 977.737 m³, já o volume distribuído é de 935.114 m³.

Entretanto, alguns bairros isolados e núcleos populacionais distantes do centro urbano enfrentam dificuldades no abastecimento de água, pois não são atendidos pelo SAA da CAEPA. Segundo a própria companhia, o serviço é prestado nas localidades especificadas no contrato de concessão, que incluem, além da área urbana central, os bairros São Germano, Santa Edwiges, Colinas II, Telles, Espírito Santo e Cedro.

Conforme relatado durante a visita técnica realizada no município, há duas localidades que necessitam de atenção prioritária em relação ao fornecimento de água, sendo os bairros Abacaxizeiro e Itapeva, este primeiro se caracteriza como uma ocupação irregular, onde as propriedades ali estabelecidas não foram integradas à rede de distribuição do sistema de abastecimento.

Já a segunda localidade enfrenta desafios relacionados ao abastecimento de água decorrentes de uma falha durante a implantação de um poço na região. Esta condição tem levado à necessidade de utilização de caminhões-pipa como alternativa emergencial para o fornecimento de água. Contudo, em diversas ocasiões, essa medida não tem sido suficiente para atender à demanda da população local.

Adicionalmente, o bairro está situado ao longo da conhecida Rota da Luz, uma importante via turística que atrai visitantes ao longo de todo o ano. A insuficiência no abastecimento de água compromete o funcionamento de comércios locais que oferecem suporte a esses turistas, impactando negativamente a economia do bairro e prejudicando a experiência dos visitantes.

A seguir é apresentado o mapa de localização destes bairros em relação ao centro urbano de Paraibuna.

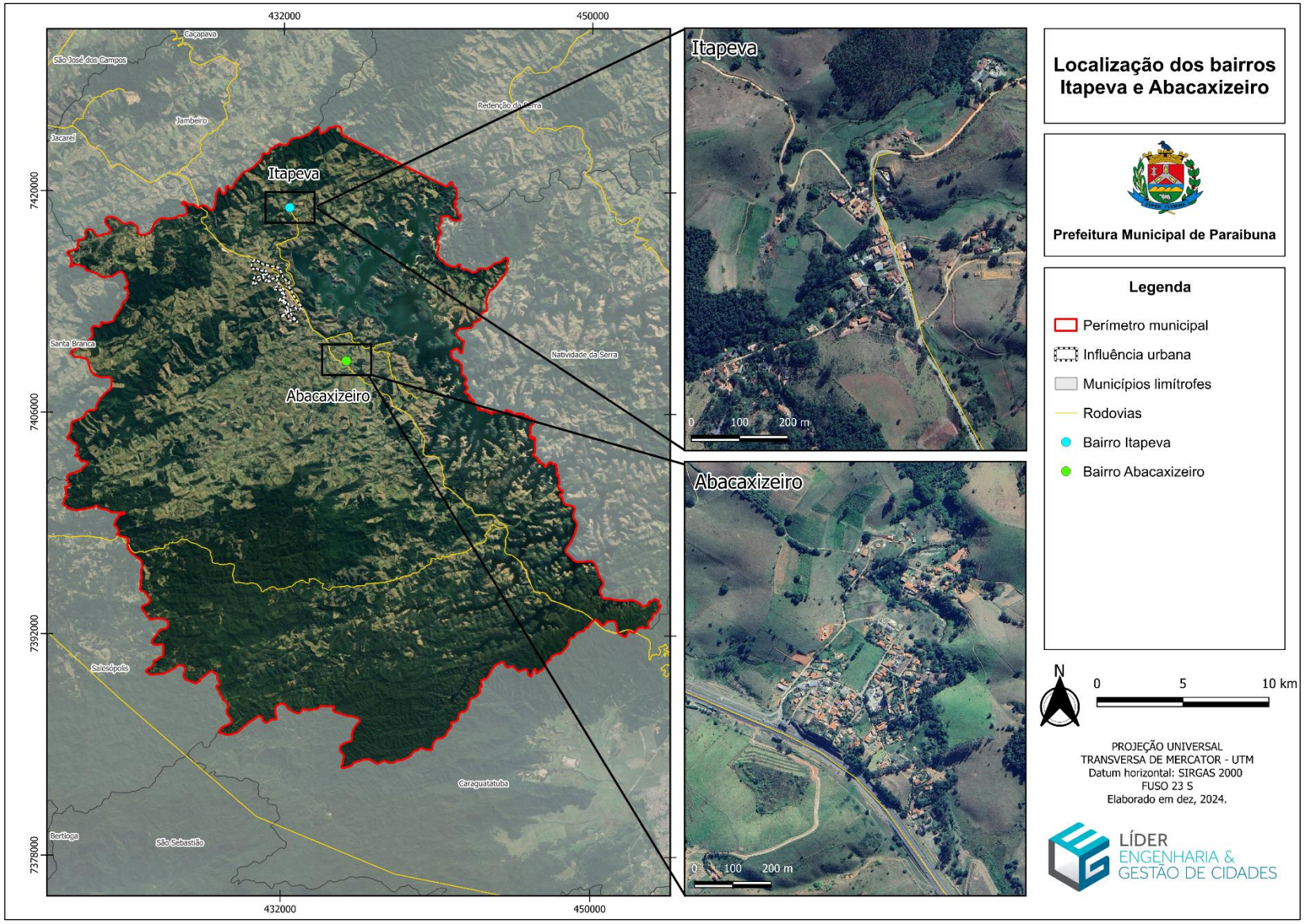


Figura 20 - Mapa de Localização dos bairros Abacaxizeiro e Itapeva.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Captação

Como dito em capítulos anteriores, a captação de água para abastecimento público no Município de Paraibuna ocorre através de 5 poços ativos de captação de águas subterrâneas e um ponto de captação em manancial superficial, oriundo do Rio Paraibuna.

A outorga de distribuição de água do Município de Paraibuna é estabelecida em nome do CAEPA à concessão administrativa para o uso em recursos hídricos superficiais e subterrâneos a fim de abastecimento urbano, e compreende uma quantidade diária máxima de 4.807,64 m³.

Essa alocação de água é distribuída da seguinte forma, sendo 89,86% provenientes da captação no Rio Paraibuna, o equivalente a 4.320 m³/dia de uso máximo e 10,14% provenientes de poços subterrâneos, totalizando 487,64 m³/dia.

A Resolução CONAMA n° 357/2005 traz ainda, no Art. 4°, a classificação dos corpos hídricos da seguinte forma:

I – Classe Especial: águas destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;

c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II – Classe 1: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274/2000;

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;

e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III – Classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274/2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;

e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV – Classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;

b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;

c) à pesca amadora;

d) à recreação de contato secundário;

e) à dessedentação de animais.

V – Classe 4: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação;

b) à harmonia paisagística.

-Captação Superficial:

A captação no Rio Paraibuna, que compreende a maior parte do abastecimento público em Paraibuna, está localizada na Av. Lincon Feliciano da Silva S/N, nas coordenadas de Latitude 23°23'30.00"S e Longitude 45°39'24.00"O. De acordo com informações do CAEPA, possui a capacidade de 26,15 L/s e realiza o atendimento na área central da cidade. Na Figura 21 são apresentadas imagens da captação de água no Rio Paraibuna.

Figura 21 - Captação de água para abastecimento no Rio Paraibuna.

Fonte: CAEPA / Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

-Captação Subterrânea:

Sistemas isolados (10,14% da vazão máxima outorgada), são compostos por 08 poços de captações subterrâneas para o abastecimento público, todas outorgadas em nome do CAEPA. Destas, conforme mencionado, apenas 05 se encontram em estado atual de operação.

O primeiro ponto de captação (Poço Local 001 – DAEE 347-0012), denominado de Poço Cedro, está localizado na Rodovia Professor Rolim de Moura, Bairro Cedro, nas coordenadas de Latitude 23°32'51.00"S e Longitude 45°35'49.00"O. Possui capacidade de 2,45 m³/h (CAEPA), seu estado atual é de atividade e seus recursos hídricos são oriundos de Aquífero Cristalino. Teve início de operação no ano de 2021.

O segundo ponto de captação (Poço Local 002 – DAEE 327-0043), denominado de Poço Santa Edwiges, está localizado na Rua José de Paixão Carvalho, 15, Bairro Santa Edwiges, nas coordenadas de Latitude 23°22'01.00"S e Longitude 45°41'46.00"O. Possuía a capacidade de 1 m³/h (CAEPA), seu estado atual é de inatividade e seus recursos hídricos são oriundos de Aquífero Cristalino.

O terceiro ponto de captação (Poço Local 003 – DAEE 327-0044), denominado de Poço Espírito Santo, está localizado na Rua Edison Benedito de Oliveira Fonseca, 20, Bairro Espírito Santo, nas coordenadas de Latitude 23°27'33.92"S e Longitude 45°39'1.57"O. Possui capacidade de 3,5 m³/h (CAEPA), seu estado atual é de atividade e seus recursos hídricos são oriundos de Aquífero Cristalino. Na Figura 22 é mostrada uma imagem do respectivo poço no Bairro Espírito Santo, utilizado o *software Google Earth.*

Figura 22 - Poço Local 003 - Bairro Espírito Santo.

Fonte: *Google Earth*. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O quarto ponto de captação (Poço Local 004 – DAEE 327-0045), denominado de Poço São Germano, está localizado na Rua Alameda das Acácias, 30, Bairro São Germano, nas coordenadas de Latitude 23°22'37.00"S e Longitude 45°42'20.00"O. Possui capacidade de 2,28 m³/h (CAEPA), seu estado atual é de atividade e seus recursos hídricos são oriundos de Aquífero Cristalino. Na Figura 23 é mostrada uma imagem do respectivo poço no Bairro São Germano, registrada durante visita técnica.

Figura 23 - Poço Local 004 - Bairro São Germano.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O quinto ponto de captação (Poço Local 005 – DAEE 327-0046), denominado de Poço Telles Baixo, está localizado na Travessa dois, 100, Bairro Telles, nas coordenadas de Latitude 23°26'19.00"S e Longitude 45°36'43.00"O. Possui capacidade de 4,30 m³/h, seu estado atual é de atividade e seus recursos hídricos são oriundos de Aquífero Cristalino. Teve início de operação no ano de 2022.

O sexto ponto de captação (Poço Local 006 – DAEE 327-0047), denominado de Poço Telles Alto, está localizado na Rodovia dos Tamoios S/N, Bairro Telles, nas coordenadas de Latitude 23°26'13.37"S e Longitude 45°36'56.96"O. Possuía a capacidade de 0,80 m³/h (CAEPA), seu estado atual é de inatividade e seus recursos hídricos são oriundos de Aquífero Cristalino.

O sétimo ponto de captação (Poço Local 007 – DAEE 327-0048), denominado de Poço Colinas I, está localizado na Estrada Municipal Paraibuna/Santa Branca, 1049, Bairro Colinas, nas coordenadas de Latitude 23°22'14.54"S e Longitude 45°42'0.39"O. Possuía a capacidade de 1,30 m³/h (CAEPA), seu estado atual é de inatividade e seus recursos hídricos são oriundos de Aquífero Cristalino. Na Figura 24 é mostrada uma imagem do respectivo poço no Bairro Colinas, utilizado o *software Google Earth.*

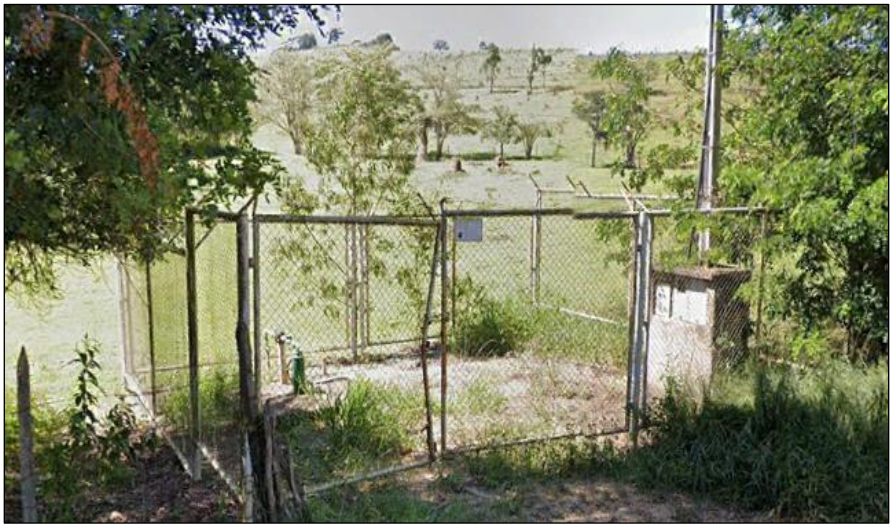


Figura 24 - Poço Local 007 - Bairro Colinas I (Inativo).

Fonte: *Google Earth*. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Estes 07 poços apresentados, além da captação superficial no Rio Paraibuna, são referentes a Portaria DAEE Nº 4018, de 14 de novembro de 2017.

Já a Portaria DAEE Nº 2240, de 6 de maio de 2020 é referente à determinação de concessão administrativa para a captação de água subterrânea com Nº de requerimento 20190022664-8WR. O poço em questão é denominado de Colina II, localizado nas coordenadas de Latitude 23°21'31.12"S, 45°42'8.51"O, no Bairro Colinas. O mesmo possui a capacidade de 1,3 m³/h (CAEPA) e seu estado atual é de atividade.

Figura 25 - Poço Colina II - Bairro Colinas.

Fonte: *Google Earth*. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Na Tabela 14 é apresentado um resumo das informações citadas anteriormente referente ao sistema de captação de água no Município de Paraibuna. Na Figura 26, segue o mapa com a localização dos poços subterrâneos e do ponto de captação superficial no Rio Paraibuna.

Tabela 14 - Sistema de Abastecimento de Água de Paraibuna – Captação – Última Atualização em 06/2024.

Nº	NOME	TIPO	ENDEREÇO	SITUAÇÃO		VAZÃO OPERACIONAL (média dos últimos 12 meses)	BOMBAS POTÊNCIA TOTAL
				ATIVA	INOPERANTE	(L/S)	(CV)
1	COLINAS I	SUBTERRÂNEA	Estrada Municipal Paraibuna/Santa Branca 1049 - Colinas/Paraibuna - SP		X	-	VAMBRO/VBSP 41-22/7,5CV
2	COLINAS ll	SUBTERRÂNEA	Rua dos Pintasilgos/ Colinas	X		1,36	EBARA, BHS 232-32/12,5CV
3	POÇO CEDRO	SUBTERRÂNEA	Rod: Professor Rolim de Moura/Cedro - Paraibuna/SP	X		0,74	VBOP 44 - 33 - 6,5CV
4	POÇO ESPÍRITO SANTO	SUBTERRÂNEA	Rua Edison Benedito de Oliveira Fonseca, 20 E.Santo - Paraibuna/SP	X		1,09	BHS232 - 25/7,5CV
5	POÇO SANTA EDWIGES	SUBTERRÂNEA	Rua José de Paixão Carvalho, 15, Santa Edwiges - Paraibuna/SP		X	-	VAMBROVBUP 44X35/7,0
6	POÇO SÃO GERMANO	SUBTERRÂNEA	Rua Alameda das Acacias, 30, São Germano - Paraibuna/SP	X		0,82	EBARA, BHS 222-32/5,5CV
7	POÇO TELLES I	SUBTERRÂNEA	travessa dois, 100 - Telles - Paraibuna/SP	X		1,37	VANBRO/VHUP61-22 - 16CV
8	POÇO TELLES II	SUBTERRÂNEA	Rodovia dos Tamoios S/N Paraibuna/SP		X	-	VBUP 44/3,5CV
9	CAPTAÇÃO RIO PARAIBUNA	SUPERFICIAL	Av. Lincon Feliciano da Silva S/N Paraibuna/SP	X		26,15	75CV/65CV

Fonte: CAEPA, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

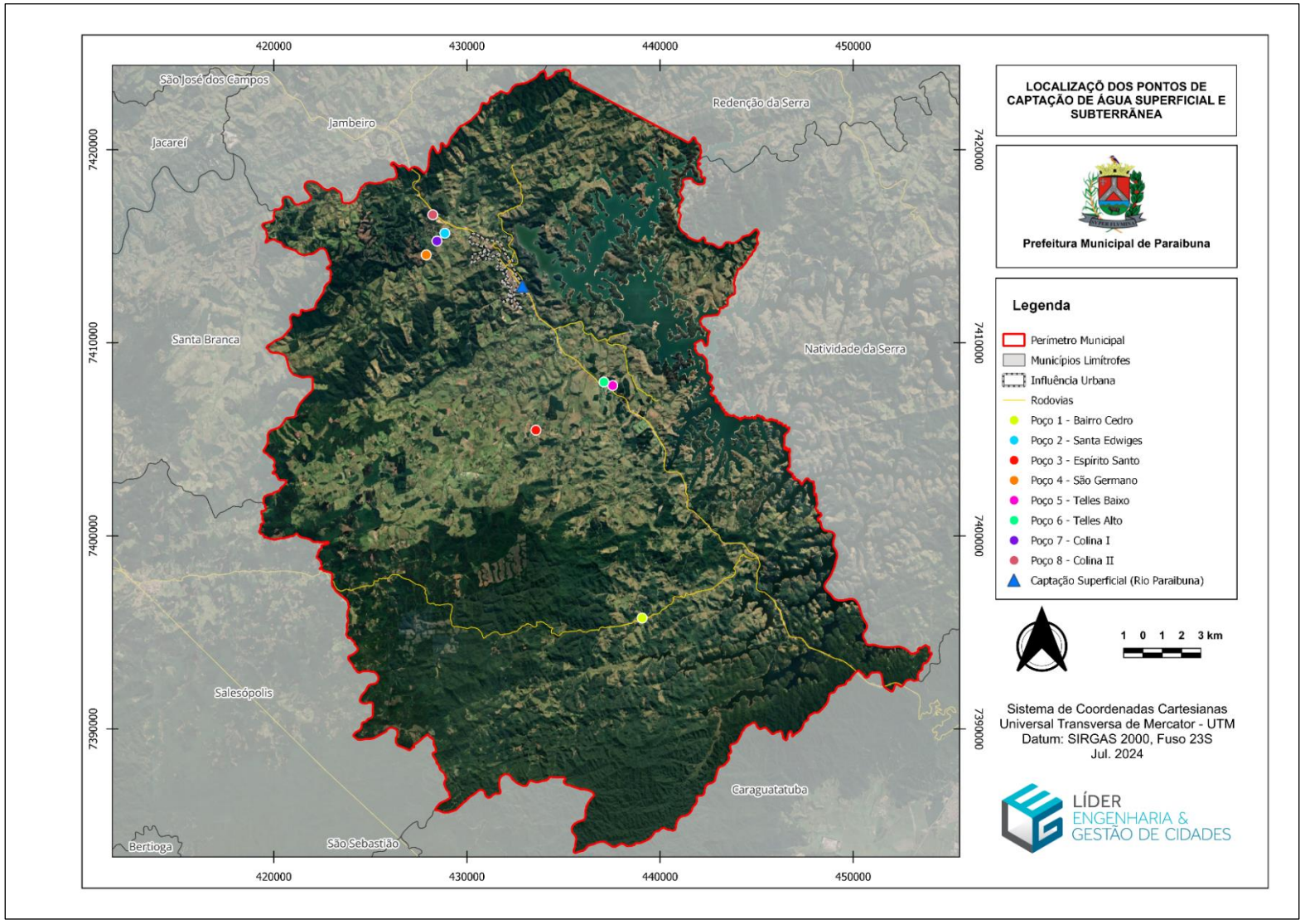


Figura 26 - Mapa de Localização dos Pontos de captação de águas superficiais e subterrâneas em Paraibuna.

Fonte: CAEPA, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tratamento

No Município de Paraibuna, conforme mencionado, há apenas uma ETA administrada pelo CAEPA. A estação é do tipo convencional, onde são realizados os tratamentos completos da água, composto de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção de pH.

Está localizada na Av. Nossa Senhora de Lourdes, nº 40, nas coordenadas de Latitude 23°23'22.42"S e Longitude 45°39'47.79"O. Teve sua última reforma estabelecida no ano de 2020, a partir de investimento de R$ 2 milhões de reais, que contemplou toda a modernização do sistema (CAEPA, 2024).

Esta última reforma na ETA, dentre diversas outras melhorias, permitiu a substituição das bombas de água, a compra de equipamentos novos para o laboratório de análises e um Centro de Comando e Operação (CCO), que monitora os níveis de água e aponta possíveis falhas no sistema (CAEPA, 2024).

Ainda segundo informações do CAEPA, a ETA de Paraibuna possui a vazão operacional de entrada em 26,15 L/s e 24,71 L/s de vazão de saída. Vale ressaltar que esses valores são determinados a partir de uma média dos últimos 12 meses de funcionamento da estação, sendo a data final no dia 15/06/2024. A capacidade de tratamento da estação é de 25 L/s (CAEPA, 2024).

Dentre as etapas de tratamento de água em uma estação convencional, foram obtidas informações dos processos de coagulação, cujo principal coagulante utilizado é o Policloreto de Alumínio (PAC), de desinfecção, cujo desinfetante utilizado é o Hipoclorito de Sódio, além da etapa de fluoretação, cujo composto de flúor utilizado na água é o Ácido Fluossilícico. A seguir é apresentado um maior detalhamento das etapas observadas:

- Desinfecção preliminar e cloração: Durante a etapa de desinfecção preliminar e cloração, ocorre a reação com a matéria orgânica e substâncias presentes na água (principalmente ferro e o manganês).
- Coagulação e floculação: Na sequência, procede-se à adição de sulfato de alumínio, sulfato férrico ou cloreto férrico, os quais reagirão com as impurezas presentes na água. Isso promove a coagulação das partículas, resultando na formação de flocos pesados que desempenharão um papel auxiliar no processo de decantação.

- Cloração e fluoretação: A etapa subsequente consiste na desinfecção da água, em que o recurso é tratado com cloro para fins de desinfecção. Nessa mesma etapa, a água recebe a adição de flúor, que tem como objetivo combater cáries dentárias, e carvão ativado, para remoção de odor e sabor indesejáveis.
- Correção do pH (Saída do tratamento): No processo, utiliza-se cal hidratada com a finalidade de corrigir o pH no tanque de contato. Essa etapa é de extrema importância, uma vez que visa garantir o padrão de potabilidade da água além de prevenir corrosões e incrustações nas redes de abastecimento.

Na Figura 27 são mostradas imagens do interior da estação de tratamento de água de Paraibuna, registradas durante visita técnica ao município.

Figura 27 - Interior da ETA no Município de Paraibuna.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Na Figura 28 são mostradas imagens do interior do Centro de Comando e Operação (CCO) dos Sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Paraibuna, registradas durante visita técnica ao município.

Figura 28 - Centro de Comando e Operação (CCO) - CAEPA em Paraibuna.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Na Figura 29 são mostradas imagens do interior do laboratório de análises situado nas instalações da ETA, registradas durante visita técnica ao município.

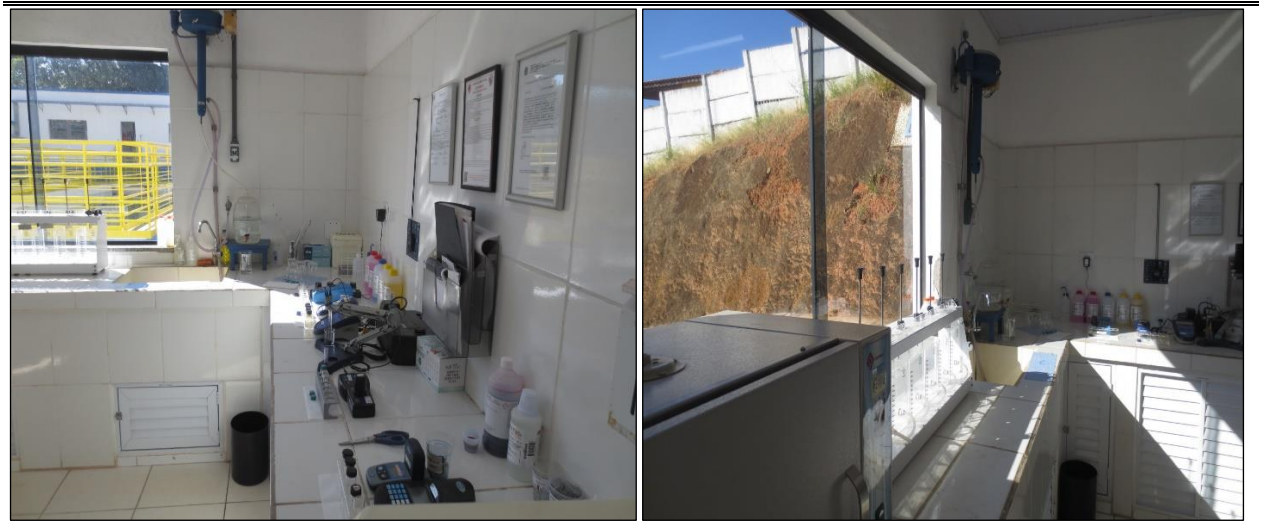


Figura 29 - Laboratório de análises da ETA de Paraibuna.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Ressalta-se, que em 07 de maio de 2021, foi publicada a Portaria GM/MS nº 888, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A nova Portaria entrou em vigor na data de sua publicação, ou seja, é válida a partir de 07 de maio de 2021.

As principais alterações incluem mudanças nos textos das definições, alterações nas responsabilidades das autoridades públicas e dos responsáveis pelos sistemas de abastecimento de água, adequações nos escopos analíticos de monitoramento e seus VMPs (Valores Máximos Permitidos) e mudanças nos Planos de Amostragem.

A Portaria 888, assim como a anterior PRC nº 5 Anexo XX, é aplicável aos responsáveis pelos Sistemas de Abastecimento de Água (como concessionárias) ou pelas Soluções Alternativas Coletivas de Abastecimento de Água (como poços artesianos em empresas)

Sendo assim, a tabela abaixo indica, de acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, as análises quantitativas que devem ser feitas a fim de assegurar a qualidade da água.

Tabela 15 - Apresentação quantitativa das análises exigidas pela Portaria n°888/2021 -GM/ MS.

Parâmetro	Tipo de Manancial	Saída do Tratamento		Sistema de distribuição (reservatórios e redes)					
		Nº de Amostras	Frequência	População Abastecida					
				<50.000 hab.	<50.000 hab.	<50.000 hab.	<50.000 hab.	<50.000 hab.	<50.000 hab.
				Número de amostras			Frequência		
Turbidez, Residual de desinfetante (1), Cor aparente, pH	Superficial	1	A cada 2 horas	Conforme § 3º do Art. 42					
	Subterrâneo	1	semanal						
Fluoreto (2)	Superficial ou Subterrâneo	1	A cada 2 horas	Dispensada a análise					
Gosto e odor	Superficial	1	Trimestral	Dispensada a análise					
	Subterrâneo	1	Semestral	Dispensada a análise					
Cianotoxinas	Superficial	1	Semanal quando contagem de cianobactérias[3] 20.000 células/mL	Dispensada a análise					
Produtos secundários da desinfecção (3)	Superficial	Dispensada a análise		1(4)	4(4)	8(4)	Bimestral		
	Subterrâneo			1(4)	2(4)	3(4)	Anual	Semestral	Semestral

Parâmetro	Tipo de Manancial	Saída do Tratamento		Sistema de distribuição (reservatórios e redes)			
Acrilamida (5)	Superficial ou Subterrâneo	1	Mensal	1(6)	1(6)	1(6)	Mensal
Epicloridrina (4)	Superficial ou Subterrâneo	1	Mensal	1(6)	1(6)	1(6)	Mensal
Cloreto de Vinila (7)	Superficial ou Subterrâneo	1	Semestral	1	1	1	Semestral
Demais parâmetros (8)(9)	Superficial ou Subterrâneo	1	Semestral	1(6)	1(6)	1(6)	Trimestral
Notas	**(1) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado. / (2) Para sistemas que realizam a fluoretação ou desfluoretação da água. Os demais sistemas devem realizar o monitoramento de fluoreto conforme a frequência definida para demais parâmetros. / (3) Quando houver pré-oxidação com agente diferente do desinfetante incluir o monitoramento de subproduto em função do oxidante utilizado. / (4) As amostras devem ser coletadas, preferencialmente, em pontos de maior tempo de detenção da água no sistema de distribuição. / (5) Deve ser monitorado apenas pelos SAA e SAC que fazem o uso de polímero que apresenta essa substância em sua constituição. A coleta de amostra deve ser realizada durante o período em que esse polímero for utilizado no tratamento de água. / (6) Quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento (resultado da análise menor que o limite de detecção) fica dispensado o monitoramento na água distribuída, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema. / (7) Cloreto de Vinila deve ser monitorado na rede de distribuição, mesmo que não seja encontrado na saída do tratamento, tendo em vista a possibilidade de serem liberados de materiais a base de plástico PVC. / (8) Para agrotóxicos, observar o disposto no parágrafo 4º do artigo 44. / (9) Quando o parâmetro for detectado na saída do tratamento, deve-se monitorar com frequência trimestral na saída do tratamento e no sistema de distribuição.**						

Fonte: Portaria nº 888/2021 GM/MS – Anexo 13. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O padrão bacteriológico da água para consumo humano está detalhado na Portaria, além de orientações quanto ao procedimento de análise no caso de detectadas amostras com resultado positivo, assim como para amostragens individuais, por exemplo, de fontes e nascentes.

Tabela 16 - Padrão microbiológico de potabilidade da água.

Formas de abastecimento		Parâmetro		VMP (1)
SAI		Escherichia coli (2)		Ausência em 100 mL
SAA e SAC	**Na saída do tratamento**	Coliformes totais (3)		Ausência em 100 mL
	Sistema de distribuição e pontos de consumo	Escherichia coli (2)		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais (4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água.
Notas	(1) Valor Máximo Permitido / (2) Indicador de contaminação fecal. / (3) Indicador de eficiência de tratamento. / (4) Indicador da condição de operação e manutenção do sistema de distribuição de SAA e pontos de consumo e reservatório de SAC em que a qualidade da água produzida pelos processos de tratamento seja preservada (indicador de integridade).			

Fonte: Portaria n° 888/2021 GM/MS. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Dentre as recomendações, condições, e orientações dadas na norma, os seguintes itens também podem ser destacados:

- Para turbidez, após filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) ou simples desinfecção (tratamento da água subterrânea), a norma estabelece o limite de 1,0 uT (Unidade de Turbidez) em 95% das amostras. Entre os 5% dos valores permitidos de turbidez superiores ao valor máximo permitido citado, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 uT. Para isso, o atendimento ao percentual de aceitação do limite de turbidez, deve ser verificado mensalmente, com base em amostras no mínimo diárias para desinfecção ou filtração lenta

e a cada quatro horas para filtração rápida, preferivelmente no efluente individual de cada unidade de filtração;

- É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo.;

- A água potável também deve atender o padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde, conforme relação apresentada na Portaria da nº 888/2021 – Anexo 13;

- Monitoramento de cianotoxinas e cianobactérias deve ser realizado, seguindo as orientações de amostragem para manancial de água superficial e padrões e recomendações estabelecidos na norma;

- A água potável também deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo humano, o qual está determinado na norma, sendo destacados na tabela abaixo os valores para os parâmetros mais comumente analisados.

Sendo assim, a tabela abaixo mostra os parâmetros básicos e o seu valor máximo permitido de aceitação, da qualidade da água para o consumo humano.

Tabela 17 – Padrão Organoléptico de Potabilidade.

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP (1)
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como N)	7664-41-7	mg/L	1,2
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente (2)		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,001
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,0003
Dureza total		mg/L	300
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,02
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais		mg/L	500
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250

Sulfeto de hidrogênio	04/06/7783	mg/L	0,05
Turbidez (3)		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5

Fonte: Portaria n° 88/2021 GM/MS. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Dentro do contexto apresentado, as seguintes definições são consideradas:

- ***Cianobactérias:*** microrganismos procarióticos autotróficos, também denominados cianofíceas ou algas azuis, que podem ocorrer em qualquer manancial superficial, especialmente nos com elevados níveis de nutrientes, podendo produzir toxinas com efeitos adversos à saúde;

- ***Cianotoxinas:*** toxinas produzidas por cianobactérias que apresentam efeitos adversos à saúde por ingestão oral, incluindo microcistinas, cilindrospermopsina e saxitoxinas;

- ***Cloreto:*** presente nas águas naturais em maior ou menor escala, contém íons da dissolução de minerais. Em determinadas concentrações confere sabor salgado à água. Ele pode ser de origem natural (dissolução de sais e presença de águas salinas) ou de origem antrópica (despejos domésticos, industriais e águas utilizadas em irrigação);

- ***Cloro Residual Livre:*** deve permanecer na água tratada até a sua utilização final. No tratamento o cloro é utilizado como oxidante de matéria orgânica e para destruir microrganismos. Quando aplicado, parte dele é consumido nas reações de oxidação e quando as reações se completam, o excesso que permanece é denominado cloro residual. Teores positivos são desejáveis, pois é garantia de um processo de desinfecção eficiente;

- ***Coliformes totais:*** bactérias do grupo coliforme, bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose

com produção de ácido, gás e aldeído a 35,0 ± 0,5ºC em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima ß - galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros Escherichia, Citrobacter, Klebsiella e Enterobacter, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo, podendo existir bactérias que fermentam a lactose e podem ser encontradas tanto nas fezes como no meio ambiente (águas ricas em nutrientes, solos, materiais vegetais em decomposição). Nas águas tratadas não devem ser detectadas bactérias coliformes, pois se isso ocorre o tratamento pode ter sido insuficiente, ocorreu contaminação posterior ou a quantidade de nutrientes é excessiva. Espécies dos gêneros Enterobacter, Citrobacter e Klebsiella podem persistir por longos períodos e se multiplicarem em ambientes não fecais;

- ***Coliformes termotolerantes:*** a definição é a mesma de coliformes, porém restringem-se as bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a 44,5 ± 0,2ºC em 24 horas, tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal;

- ***Contagem de bactérias heterotróficas:*** determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob condições pré-estabelecidas de incubação: 35,0, ± 0,5ºC por 48 horas;

- ***Cor:*** resulta da existência de substâncias dissolvidas, provenientes de matéria orgânica (principalmente da decomposição de vegetais – ácidos húmicos e fúlvicos), metais como ferro e manganês, resíduos industriais coloridos e esgotos domésticos. No valor da cor aparente pode estar incluída uma parcela devido à turbidez da água, sendo está removida obtém-se a cor verdadeira;

- ***Dureza:*** resultante da presença de sais presentes com exceção de sódio e potássio. Nas águas naturais a dureza é predominantemente devido à presença de sais de cálcio e magnésio, no entanto sais de ferro, manganês e outros também contribuem para a dureza das águas. A dureza elevada causa extinção de espuma do sabão, sabor desagradável e produzem incrustações nas tubulações e caldeiras;

- ***Escherichia coli (E. Coli):*** é a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas (CONAMA nº 357/2005);

- ***pH:*** abreviação de potencial hidrogeniônico, que é usado para medir acidez ou alcalinidade de soluções através da medida de concentração do íon hidrogênio (logaritmo negativo da concentração na solução). O pH 7 é considerado neutro sendo abaixo de 7 ácido e acima alcalino. É um parâmetro importante por influenciar diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente na água ou em unidades de tratamento de água;
- ***Turbidez:*** medida da capacidade de uma amostra de água em impedir a passagem de luz. Grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias etc.

Na Figura 30 é apresentado o mapa de localização da estação de tratamento, juntamente com uma imagem panorâmica de suas instalações.

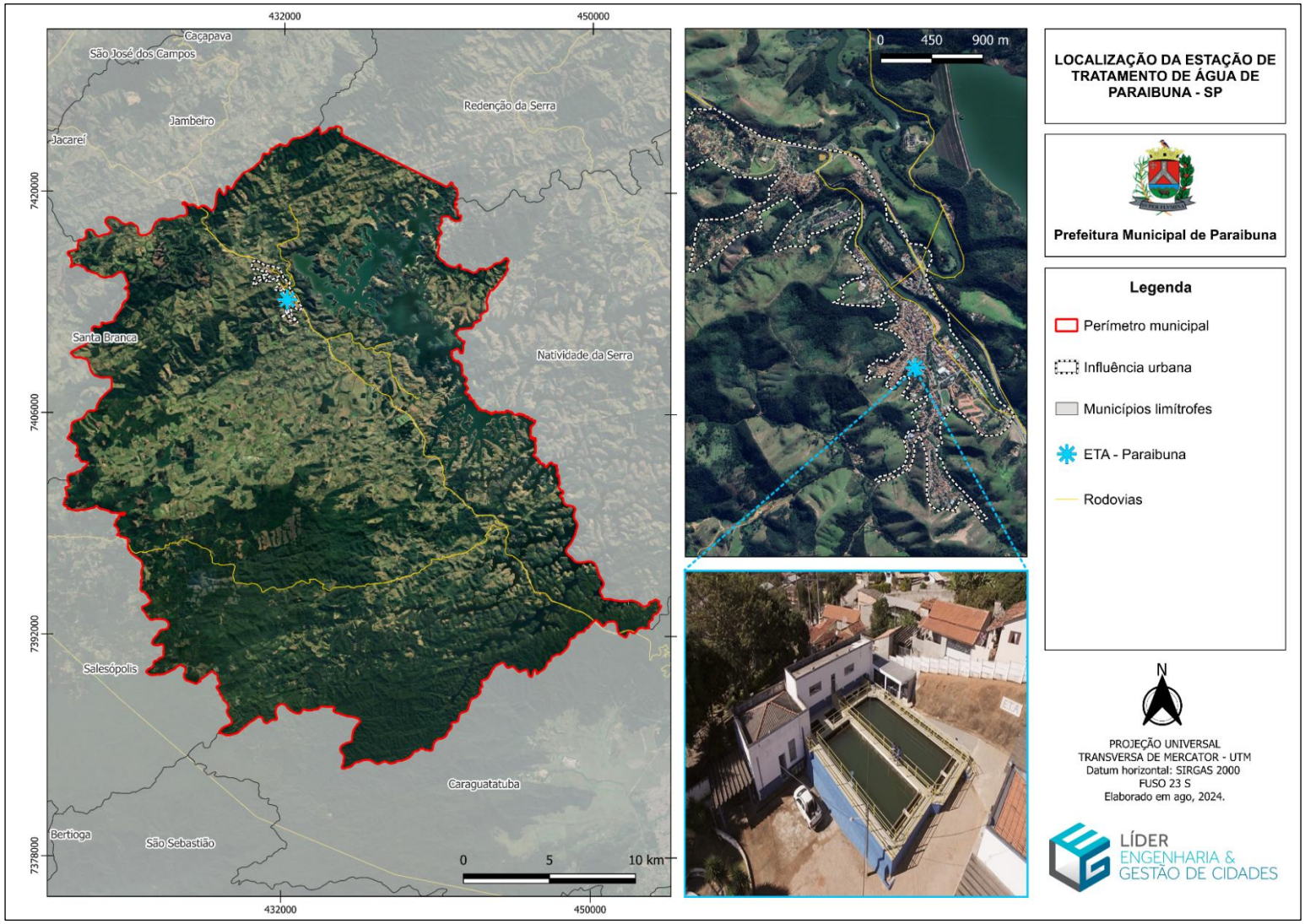


Figura 30 - Mapa de Localização da Estação de Tratamento de Água em Paraibuna.

Fonte: CAEPA / Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Reservação

Em relação ao sistema de reservação de água para o abastecimento público de Paraibuna, de acordo com informações do CAEPA, o mesmo possui um total de 16 reservatórios espalhados pelo município, somando um volume de 2.300 m³.

A Tabela 18 lista e nomeia todos os 16 reservatórios do município, mostrando também sua localização, o tipo de reservatório, seu ano de implementação, situação operacional e volume total.

Tabela 18 - Reservatórios existentes no Município de Paraibuna.

NOME	TIPO	FORMATO	ANO DA CONSTRUÇÃO / ÚLTIMA REFORMA	ENDEREÇO	COORDENADAS	SITUAÇÃO		VOLUME TOTAL
						ATIVO	INATIVO	(m^3)
R1-ZONA ALTA (Zé Pedro)	APOIADO CONCRETO	RETANGULAR	2024	Rua João Batista Brasiliano S/N	23°23'27.69"S , 45°39'48.72"O	X		120
R10-APOIADO SÃO GERMANO	FIBRA DE VIDRO	CILÍNDRICO	2023	Rua Alameda das Acacias, São Germano - Paraibuna/SP	23°22'38.18"S , 45°42'20.03"O	X		15
R10-TAÇA SÃO GERMANO	ELEVADO METÁLICO	CILÍNDRICO	2023	Bairro São Germano, Paraibuna/SP	23°22'37.79"S , 45°41'59.91"O	X		30
R11-TAÇA ESPÍRITO SANTO	ELEVADO METÁLICO	CILÍNDRICO	-	Rua Edison Benedito de Oliveira Fonseca, 20 E. Santo - Paraibuna/SP	23°27'28.70"S , 45°38'54.53"O	X		15
R3-CENTRO	SEMIENTERRADO CONCRETO	CILÍNDRICO	2020	Av. Nossa Senhora de Lourdes, 40 Paraibuna/SP	23°23'21.82"S , 45°39'47.86"O	X		300
R2-VILA CAMARGO	SEMIENTERRADO CONCRETO	RETANGULAR	2018	AV. Central S/N Vila Camargo	23°22'41.32"S , 45°40'10.71"O	X		1200
R4-VILA SÃO GUIDO - BOOSTER	APOIADO CONCRETO	RETANGULAR	2018	Rua Alcides Alves Pereira (Vila São Guido)	23°23'57.84"S , 45°39'37.99"O	X		40
R4-VILA SÃO GUIDO INTERMEDIÁRIO	APOIADO CONCRETO	RETANGULAR	2018	Rua Mario Luiz Siqueira Lobato S/N Vila São Guido.	23°24'1.66"S , 45°39'41.82"O	X		20
R4-VILA SÃO GUIDO SUPERIOR	FIBRA DE VIDRO	CILÍNDRICO	2018	Rua 7, Vila São Guido	23°24'3.08"S , 45°39'44.07"O	X		60

R5-CUBA APOIADO	APOIADO CONCRETO	RETANGULAR	-	Rua Santa Rita, Bela Vista - Paraibuna S/P	23°22'28.22"S , 45°40'22.06"O	X		30
R5-CUBA TAÇA	ELEVADO METÁLICO	CILÍNDRICO	-	Rua Santa Rita, Bela Vista - Paraibuna S/P	23°22'28.22"S , 45°40'22.06"O	X		10
R6-ALFERES BENTO	APOIADO METÁLICO	CILÍNDRICO	2020	Rua Maria José Camargo S/N (Alferes Bento)	23°22'23.40"S , 45°40'40.33"O	X		180
R7-TELLES	FIBRA DE VIDRO	CILÍNDRICO	2020	Rodovia dos Tamoios S/N Paraibuna/SP	-23.437061, -45.615971	X		40
R8-SANTA EDWIRGES	ELEVADO METÁLICO	CILÍNDRICO	2023	Rua José Virgilio (Santa Edwiges)	23°21'57.10"S , 45°41'42.15"O	X		100
R9-CEDRO	FIBRA DE VIDRO	CILÍNDRICO	2020	Rod: Professor Rolim de Moura/Cedro - Paraibuna/SP	-23.548404,-45.597786	X		40
R13- COLINAS II	ELEVADO METÁLICO	CILÍNDRICO	2020	Bairro Colinas S/N	23°21'43.01"S , 45°42'3.01"O	X		100

Fonte: CAEPA, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Por fim, as figuras abaixo apresentam alguns dos reservatórios que compõem o sistema de abastecimento de água de Paraibuna, registrados durante visita técnica ao município e utilizando imagens do *software Google Earth*.

Figura 31 - Reservatório R3-Centro - Interior da ETA.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 32 - Reservatório R5 - Cuba - Apoiado.

Fonte: *Google Earth* / Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 33 - Reservatório R6 - Alferes Bento.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 34 - Reservatório R10 - São Germano - Apoiado.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 35 - Reservatório R10 - São Germano - Taça.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Já na Figura 36 é apresentado o mapa de localização dos reservatórios de abastecimento de água presentes no Município de Paraibuna.

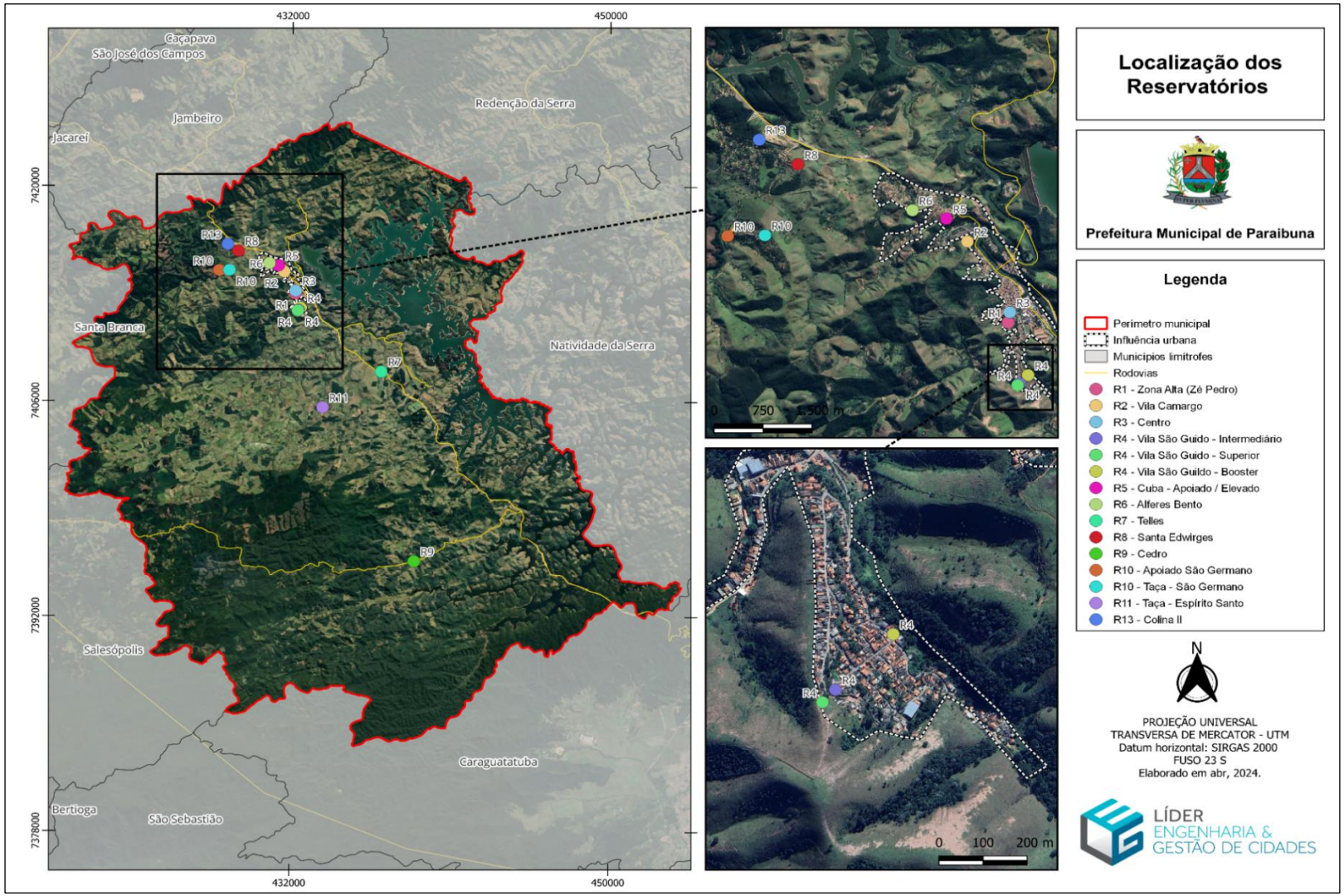


Figura 36 - Mapa de Localização dos Reservatórios de abastecimento de água em Paraibuna.

Fonte: CAEPA / Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Distribuição

Após a etapa de captação, tratamento e reservação, ressaltando que o tipo de tratamento de água para o abastecimento público no Município de Paraibuna é do tipo convencional, a água passa pelo sistema de distribuição, o qual é composto por estações elevatórias e uma malha de partilha de água tratada.

No município, de acordo com o CAEPA, há um alto índice de atendimento, servindo 13.626 habitantes, abrangendo desta forma 100% da população urbana.

De acordo ainda com informações do CAEPA, Paraibuna possui 61,02 quilômetros de rede de distribuição de água tratada, com 5.858 ligações ativas e 5.297 economias ativas.

A Tabela 19 indica todas as estações elevatórias de água tratada (EEAT) presentes no Município de Paraibuna, juntamente com a localização, ano de construção, o número de motobombas instaladas e a potência total das mesmas.

Tabela 19 – Sistemas de Abastecimento de Água – Estações Elevatórias de Água Tratada (atualização em junho de 2024).

Nº	NOME	ENDEREÇO	ANO DA CONSTRUÇÃO / INÍCIO DA OPERAÇÃO	Nº de CONJUNTOS MOTOBOMBA instalados (incluindo reservas)	SITUAÇÃO (marcar com "X")		BOMBAS
							POTÊNCIA TOTAL
					ATIVA	INOPERANTE	(CV)
1	EEAT ALTO DO BOA VISTA	Rua Gomes S/N Alto do Boa Vista	2017	2	X		12,5CV/3,0CV
2	EEAT BELA VISTA I	Av Antonio Feliciano	2020	2	X		40CV/15CV
3	EEAT SÃO GERMANO	Rua Alameda das Acacias, São Germano - Paraibuna/SP	2021	2	X		10CV/7,5CV
4	EEAT PIRATA/CAETÊ	Av Lincon Feliciano S/N Saladeiro, Paraibuna/SP	2019	2	X		3,5 CV
5	EEAT VILA SÃO GUIDO	Rua Alcides Alves Pereira (Vila Sâo Guido)	2018	2	X		20CV/7,5CV
6	EEAT BELA VISTA II	Rua Santa Rita, Bela Vista - Paraibuna S/P	2016	2	X		12,5CV
7	EEAT CENTRAL	Rua Nossa Senhora de Lourdes,40 Paraibuna/SP	2020	5	X		50CV
8	EEAT E. SANTO	Bairro E. Santo	2019	2	X		1,0 CV
9	EEAT E. VILA AMÉLIA	Bairro Vila Amélia	2019	2	X		1,0CV
10	EEAT JD. PANORAMA	Rua João Elias/Centro	2018	2	X		3,5CV
11	EEAT MORRO ANTENA	Morro Antena	2019	2	X		3,5CV

Fonte: CAEPA, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Figura 37 a seguir ilustra o conjunto de motobombas na Estação Elevatória de Água Tratada Central, parte integrante do sistema existente na ETA de Paraibuna, além dos equipamentos de monitoramento de pressão, vazão, dentre outros parâmetros.

Este conjunto representa as maiores potências instaladas e a maior concentração de equipamentos no sistema de distribuição de água do município, conforme elencado na Tabela 19. As imagens foram registradas durante visita técnica.

Figura 37 - Conjunto de Motobombas e Maquinário na EEAT - Central de Paraibuna.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Já na Figura 38 é apresentado o mapa de localização das EEAT's presentes no sistema de distribuição de água tratada no Município de Paraibuna.

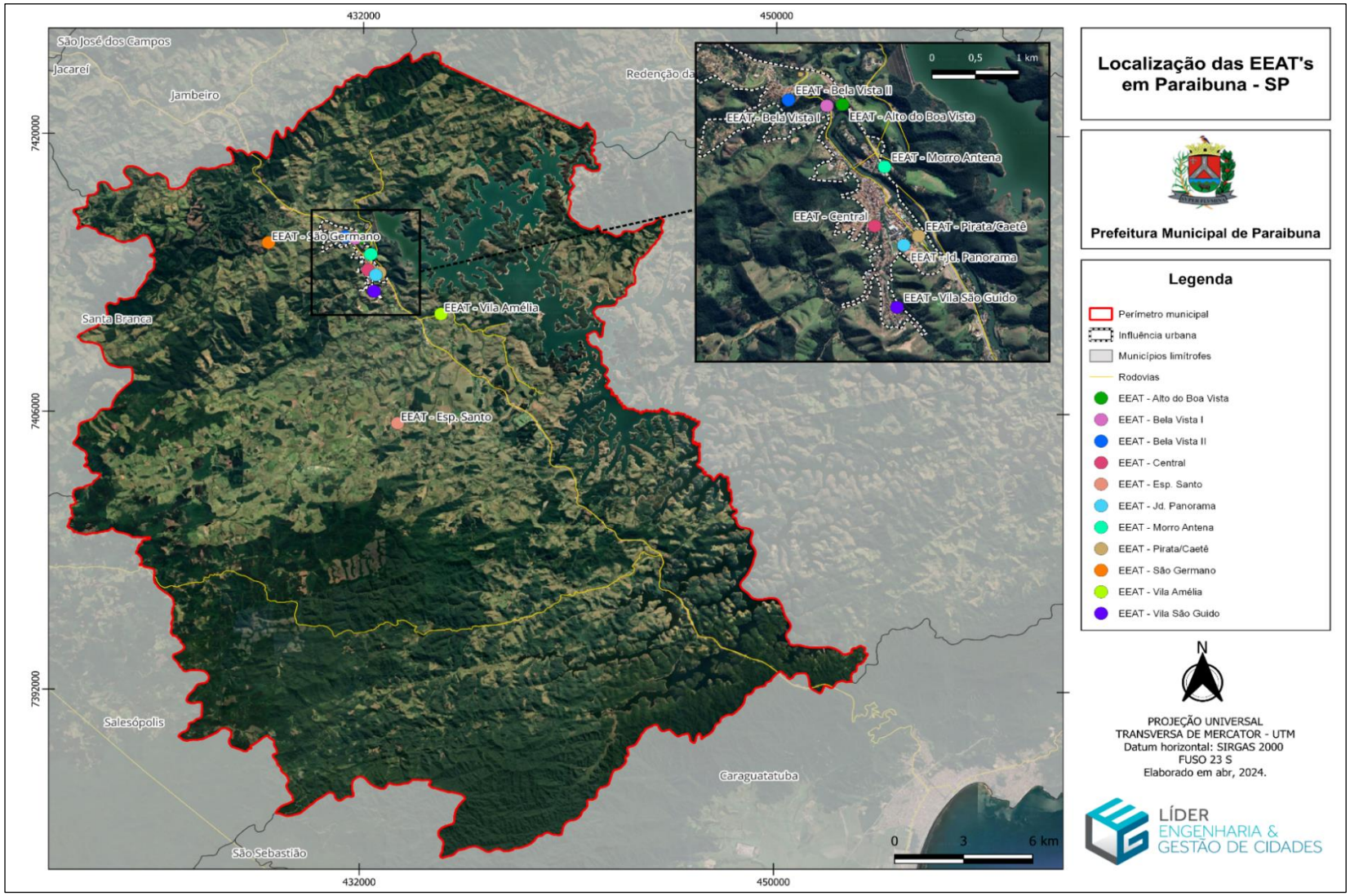


Figura 38 - Mapa de Localização da EEAT's em Paraibuna - SP.

Fonte: CAEPA / Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Ressalta-se que a importância do diagnóstico e da avaliação dos índices de perdas nos sistemas de abastecimento e distribuição de água se deve ao poder de aferir a eficiência dos prestadores em atividades como distribuição, planejamento, investimentos e manutenção.

A *International Water Association* – IWA classifica as perdas levando em conta a sua natureza como reais ou aparentes. As perdas reais equivalem ao volume de água perdido durante as diferentes etapas de produção, como a captação, o tratamento, o armazenamento e a distribuição antes de chegar ao consumidor final.

Estas possuem efeito direto sobre os custos de produção e a demanda hídrica. Neste sentido, um elevado nível de perdas reais equivale a uma captação e a uma produção superior ao volume efetivamente demandado, gerando ineficiências nos seguintes âmbitos:

Produção:

- maior custo dos insumos químicos, energia para bombeamento, entre outros fatores de produção;
- maior custo de manutenção da rede e de equipamentos;
- desnecessário uso da capacidade de produção e distribuição existente;
- maior custo pela possível utilização de fontes de abastecimento alternativas de menor qualidade ou difícil acesso.

Ambiental:

- desnecessária pressão sobre as fontes de abastecimento do recurso hídrico;
- maior custo de mitigação dos impactos negativos desta atividade (externalidades).

Sendo assim, as fórmulas e a tabela abaixo avaliam os indicadores de perdas do SAA do Município de Paraibuna, apresentando um comparativo também com valores do Estado de São Paulo e do Brasil. Ressalta-se que os indicadores para avaliar as perdas de água são os indicadores do SNIS, sendo eles:

- índice de perdas no faturamento – IN013;

- índice de perdas na distribuição – IN049;
- índice de perdas por ligação – IN051.

$$IN013 = \frac{Volume\ de\ Água\ (Produzido + Tratada\ Importado - de\ Serviço - Faturado)}{Volume\ de\ Água\ (Produzido + Tratada\ Importado - de\ Serviço)}$$

$$IN049 - \frac{Volume\ de\ Água\ (Produzido + Tratado\ Importado - de\ Serviço) - Volume\ de\ Água\ Cosumido}{Volume\ de\ Água\ (Produzido + Tratado\ Importado - de\ Serviço)}$$

$$IN051 = \frac{Volume\ de\ Água\ (Produzido + Tratada\ Importado - Consumido - de\ Serviço)}{Quantidade\ de\ Ligações\ Ativas\ de\ Água}$$

Tabela 20 – Comparação dos índices de perdas Municipal, Estadual e Nacional.

Índice	Objetivo	Paraibuna	Estado de São Paulo	Brasil
IN013 **Índice de Perdas de Faturamento**	Avaliar em termos percentuais o nível da água não faturada sem o volume de serviço (%)	8,73	25,01	37,54
IN049 **Índice de Perdas na Distribuição**	Avaliar em termos percentuais o nível de perdas da água efetivamente consumida em um sistema de abastecimento de água potável (%).	27,03	34,5	40,14
IN051 **Índice de Perdas por Ligação**	Avaliar o nível de perdas da água efetivamente consumida em termos unitários (l/lig./dia).	137,34	287,77	343,37

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Observando os dados expostos na tabela acima, nota-se que em todos os índices elencados o Município de Paraibuna apresenta valores menores e, portanto, mais satisfatórios em relação aos índices de perdas do sistema, em comparação com

a média estadual e nacional, ressaltando que, o consumo faturado medido corresponde ao volume de água registrado nos hidrômetros, e o volume não faturado corresponde a água extraída direto no ponto de captação.

Referente ao sistema, vale dizer que a adutora e a rede de distribuição desempenham papéis complementares em um sistema de abastecimento de água, contribuindo para o transporte eficiente e a distribuição adequada de água potável.

Portanto, é de grande importância que as diferenças entre as duas estejam bem claras. Para isso, o quadro abaixo mostra as diferenças entre suas características e funções principais.

Quadro 2 – Diferenças entre adutora e rede de distribuição.

	CARACTERÍSTICAS	FUNÇÃO PRINCIPAL
ADUTORA	As adutoras, frequentemente constituídas por tubulações de considerável diâmetro, são concebidas com o propósito de sustentar elevadas taxas de fluxo, assegurando a eficácia no deslocamento de volumes significativos de água, seja ela em estado natural ou após tratamento.	A função primordial da adutora é conduzir volumes expressivos de água por extensas distâncias, ligando fontes hídricas, como rios, reservatórios ou poços, aos locais de processamento ou diretamente às regiões de distribuição.
REDE DE DISTRIBUIÇÃO	Constituída por uma malha de tubulações menores, a rede de distribuição se estende a partir das principais adutoras, viabilizando uma distribuição eficaz e controlada da água tratada às zonas de consumo. Em resumo, enquanto as adutoras desempenham um papel crucial no transporte de água em larga escala, a rede de distribuição concentra-se na entrega precisa e localizada aos usuários finais. Ambas são fundamentais para assegurar o acesso confiável e segura à água potável em comunidades e áreas urbanas, promovendo a eficiência e sustentabilidade dos sistemas de abastecimento hídrico.	A rede de distribuição desempenha o papel fundamental de disponibilizar água tratada diretamente aos usuários finais, tais como residências, empresas e instituições. Sua operação é focada em atender às demandas específicas de áreas particulares de forma localizada.

Fonte: ÁGUABRASIL, 2024. Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Desta forma, salienta-se a importância do monitoramento constante em todo o processo produtivo, incluindo a elaboração ou até mesmo, a manutenção de um cadastro técnico que relate a realidade da infraestrutura na rede de distribuição local, com avaliações periódicas no controle dos possíveis vazamentos e implantando uma

gestão de perdas através de macro medidores e do gerenciamento das pressões na rede. Ressalta-se, que o procedimento citado neste parágrafo é realizado pelo CAEPA.

A incorporação deste conjunto de boas práticas, colabora para a continuação dos altos índices de qualidade, que foram constatados no município em relação a gestão do sistema de abastecimento de água como um todo.

2.1.2. Indicadores Operacionais

Os indicadores representam uma ferramenta fundamental para construção de panoramas e cenários, de modo a transmitir informações de forma precisa e de fácil entendimento para a população. Além dessa função, indicadores são utilizados para registrar o acompanhamento e avaliação dos serviços, facilitando as tomadas de decisões.

O uso de indicadores e o acompanhamento periódico de sua variação são necessários, pois, permitem o monitoramento do sistema de abastecimento de água. O incremento e disponibilização de um banco de dados para calcular o maior número de indicadores para acompanhamento do sistema é desejável.

Sendo assim, abaixo segue a tabela especificando os principais indicadores utilizados para analisar a eficiência do SAA do Município de Paraibuna, ressaltando, que estes indicadores são elaborados pelo Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento – SNIS, e preenchidos pelos responsáveis técnicos da companhia gestora dos serviços ou da Prefeitura Municipal.

Tabela 21 - Sistema de indicadores do SNIS utilizados na avaliação dos serviços do SAA.

ITEM	INDICADOR	QUANTIDADE	UNIDADE
AG001	População total atendida com abastecimento de água.	13.597	Habitante
AG002	Quantidade de ligações ativas de água.	5.083	Ligação
AG003	Quantidade de economias ativas de água.	5.181	Economia
AG005	Extensão da rede de água	60,72	Km
AG006	Volume de água produzido	968,24	1.000m³/ano
AG007	Volume de água tratado em ETA	769,57	l/s
AG008	Volume de água micromedido	677,05	1.000m³/ano

ITEM	INDICADOR	QUANTIDADE	UNIDADE
AG010	Volume de água consumido	677,05	1.000m³/ano
AG011	Volume de água faturado	846,92	1.000m³/ano
AG021	Quantidade de ligações totais de água	5.689	Ligação
AG028	Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água	892,37	1.000kWh/ano
IN003	Despesa total com os serviços por m³ faturado	4,67	R$/m³
IN004	Tarifa média praticada	4,06	R$/m³
IN005	Tarifa média de água	4,04	R$/m³
IN009	Índice de hidrometração	100	Percentual
IN012	Indicador de desempenho financeiro	86,84	Percentual
IN013	Índice de Perdas Faturamento	8,73	Percentual
IN022	Consumo médio per capita de água	135,95	l/hab./dia
IN044	Índice de micromedição relativo ao consumo	100	Percentual
IN049	Índice de perdas na distribuição	27,03	Percentual
IN050	Índice bruto de perdas lineares	11,36	m³/dia/Km
IN051	Índice de perdas por ligação	137,34	l/dia/lig.
IN053	Consumo médio de água por economia	11,00	m³/mês/econ.
IN058	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.	0,92	kWh/m³

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo com os parâmetros citados na tabela acima, percebe-se que na questão da hidrometração, o Município de Paraibuna apresenta 100% de índice medido. O índice de hidrometração está diretamente ligado ao índice de perdas no sistema de abastecimento de água, seja por problemas na própria medição, falta de hidrômetros, ligações clandestinas ou até mesmo a falta ou a cobrança pelo uso da água ineficientes.

De acordo também com o Art. 29 da Lei n° 11.445/2007, atualizada pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico, Lei n° 14.026/2020, “a hidrometração interfere nas diretrizes para fixação de tarifas dos serviços de saneamento básico, entre quais, pode-se citar:

- Inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos;
- Recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço, em regime de eficiência;
- Estímulo ao uso de tecnologia modernas e eficientes, compatíveis com os níveis exigidos de qualidade, continuidade e segurança na prestação dos serviços;
- Incentivo à eficiência dos prestadores de serviço.

A Figura 39, extraída dos demonstrativos financeiros do CAEPA para o ano de 2023 e disponível em seu site oficial, detalha o consumo de energia elétrica dos sistemas de abastecimento de água, além de outros custos. A análise dos dados revela que os gastos com energia elétrica aumentaram cerca de 23% entre os anos de 2022 e 2023. Os valores apresentados estão expressos em milhares de reais.

14. Custos e despesas por natureza

Representados por:

	31/12/2023	31/12/2022
Custo dos serviços prestados		
Pessoal	(1.611)	(1.609)
Materiais	(422)	(399)
Serviços de terceiros	(325)	(220)
Energia elétrica	(1.001)	(817)
Amortização	(589)	(470)
Obras civis (i)	(5.291)	(2.741)
Taxas de licença de operação e gerenciamento	(2)	(10)
Aluguéis	(88)	(87)
Combustíveis e manutenção de veículos	(123)	(127)
Seguros	(89)	(79)
Outros custos com operação	(110)	(101)
	(9.651)	(6.660)

Figura 39 - Custos e despesas por natureza no SAA de Paraibuna no ano de 2023.

Fonte: CAEPA, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Com a atualização periódica do Plano Municipal de Saneamento Básico, prevista por exigência legal, este sistema poderá ser complementado com outros indicadores que no decorrer do processo forem considerados relevantes para o acompanhamento da evolução do serviço de abastecimento de água no município.

Desta forma, a Lei Federal n° 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020, Novo Marco Legal do Saneamento, determina que os municípios brasileiros estabeleçam um sistema de informações sobre os serviços articulados com SNIS. O SNIS representa o principal sistema de coleta, armazenamento, geração e divulgação dos dados de saneamento no Brasil.

Sendo assim, nos capítulos específicos para cada tópico relacionado ao SAA do município, contidos neste Diagnóstico, será apresentado o indicador responsável e seus respectivos valores. Pois, desta maneira, há uma melhor compreensão da atual situação e através desta compreensão, apontamentos podem ser realizados visando melhorias no sistema de abastecimento de água.

2.1.3. Análise da Ocorrência de Doenças de Veiculação Hídrica

Há uma série de doenças epidemiológicas relacionadas a diversos fatores vinculados a condições ambientais e sanitárias inadequadas. Dentre as possíveis enfermidades estão as doenças infectocontagiosas como é o caso da esquistossomose e da hepatite A, relacionadas à carência de boas condições habitacionais.

Estas doenças podem estar associadas em maior ou menor grau, difusa ou heterogeneamente, a deficiências do sistema de abastecimento de água, inidoneidades no sistema de esgotamento sanitário, contaminação por resíduos sólidos ou condições precárias de habitação. As doenças potencialmente determinadas por estas condições são denominadas de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado - DRSAI, que seriam evitáveis ou passíveis de controle por ações adequadas de saneamento ambiental.

A precariedade nos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e destinação final dos resíduos sólidos, drenagem urbana, bem como a higiene inadequada, são aspectos que colocam em risco a saúde da população, sobretudo para populações em situação de precariedade sanitária como em países em desenvolvimento, afetando diretamente na qualidade e expectativa de vida dessas pessoas.

Neste sentido, torna-se de extrema importância a análise minuciosa de cada doença derivada da falta de saneamento básico, desde os modos de transmissão até as formas de proliferação e técnicas de controle. Para gerar um diagnóstico da saúde é importante especificar as principais doenças relacionadas ao saneamento que

assolam países em desenvolvimento, como o Brasil. Dentre as principais doenças relacionadas com veiculação hídrica a tabela abaixo explicitam as principais formas de transmissão.

Tabela 22 - Doenças de veiculação hídrica.

Doenças relacionadas com a água.			
Grupo de Doenças	**Formas de Transmissão**	**Principais Doenças**	**Formas de Prevenção**
Transmitidas por vias feco-oral (alimentos contaminados por fezes)	O organismo patogênico, agente causador da doença é ingerido	Diarreias e desinterias, como a cólera e a giardíase; Febre tifoide e paratifoide; Leptospirose; Amebíase; Hepatite infecciosa; Ascaridíase (lombriga).	Proteger e tratar as águas de abastecimento e evitar o uso de fontes contaminadas; fornecer água em quantidade adequada e promover higiene pessoal, doméstica e dos alimentos.
Controladas pela higienização (associadas ao abastecimento de água)	A falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para a sua disseminação.	Infecção na pele e olhos, como tracoma e o tifo relacionado com piolhos e a escabiose.	Fornecer água em quantidade adequada e promover higiene pessoal e doméstica;
Associadas a água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	O patogênico penetra pela pele ou é ingerido	Esquistossomose	Evitar o contato de pessoas com águas infectadas; Proteger mananciais; Adotar medidas adequadas para a deposição de esgotos; Combater o hospedeiro intermediário.
Transmitidas por vetores que se relacionam com a água	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela	Malária; Febre amarela; Dengue; Filariose (elefantíase).	Combater os insetos transmissores; Eliminar condições que possam favorecer criadouros; Evitar contato com criadouro; Utilizar meios de produção individual.

Fonte: BARROS, R.T. de V. et. al., 1995. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A tabela a seguir traz o histórico do número de internações hospitalares por ano ocorridas em consequência de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado – DRSAI, no Município de Paraibuna.

Tabela 23 - Internações hospitalares causadas por doenças relacionadas ao saneamento inadequado.

Ano	Internações
2007	0
2008	0
2009	04
2010	01
2011	04
2012	01
2013	01
2014	03
2015	02
2016	02
2017	02
2018	01
2019	02
2020	01
2021	01

Fonte: Internações Hospitalares - SIH/DATASUS, 2021; adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.1.4. Regulação de Uso dos Recursos Hídricos

A outorga é o instrumento de gestão das águas que assegura ao usuário o direito de utilizar os recursos hídricos, no entanto, essa autorização não dá ao usuário a propriedade da água. A outorga de direito de uso de recursos hídricos deve assegurar o efetivo exercício dos direitos de acesso à água, bem como garantir que existam múltiplos usos nas bacias hidrográficas.

A correta aplicação do instrumento da outorga, mais do que um ato de regularização ambiental, se destina a disciplinar a demanda crescente das águas superficiais e subterrâneas. Existem dois tipos de outorga:

- Autorização – Obras, serviços ou atividades que forem desenvolvidas por pessoa física ou jurídica de direito privado, quando não se destinarem a finalidade de utilidade pública. Validade de até cinco anos.

- Concessão – Obras, serviços ou atividades que forem desenvolvidas por pessoa jurídica ou direito público ou quando se destinarem a finalidade de utilidade pública. Validade de até trinta e cinco anos.

No estado de São Paulo, a lei Estadual nº 7.663/1991 atribui ao Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) a responsabilidade de conceder a outorga para o uso dos recursos hídricos. Através da Portaria nº 1.630/2017, o DAEE estabelece as condições para obtenção dessa outorga, conforme descrito no Artigo 12º.

De acordo com o Artigo 12º da referida portaria, a obtenção da outorga é necessária nos seguintes casos:

> *I. A execução de obras ou serviços que possam alterar o regime, a quantidade e a qualidade de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos;*
> *II. A execução de obras para extração de águas subterrâneas;*
> *III. A derivação de água do seu curso ou depósito, superficial ou subterrâneo, para fins de abastecimento urbano, industrial, agrícola e outros;*
> *IV. O lançamento de efluentes nos corpos d'água, como esgotos e demais resíduos líquidos tratados, nos termos da legislação pertinente, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final.*

No artigo 6º da portaria, é estabelecido que os usos e interferências que são dispensados de outorgas estão sujeitos a um cadastro correspondente, exceto para os casos previstos na portaria e em outras normas e portarias do DAEE.

Os processos técnicos e administrativos para obtenção de manifestação e outorga no Estado de São Paulo são regulamentados pela Portaria nº 1.630/2017 do DAEE, juntamente com as instruções técnicas nº 08 a nº 13, elaboradas pela Diretoria de Procedimentos de Outorga (DPO). Essas normas estabelecem as diretrizes e critérios para a solicitação e análise dos pedidos de outorga, garantindo uma gestão adequada e sustentável dos recursos hídricos no Estado.

Conforme mencionado anteriormente, as outorgas emitidas pelo DAEE para a captação de água destinada ao abastecimento público em Paraibuna são estabelecidas em nome do CAEPA.

Aproximadamente 89,86% da vazão captada provém de fontes superficiais no Rio Paraibuna, enquanto o restante é obtido a partir de poços subterrâneos, além do uso para lançamento superficial no afluente do Córrego Espírito Santo. Na tabela a

seguir são expostas as informações, relativo à Portaria DAEE nº 4018, de 14 de novembro de 2017.

Uso	Recurso Hídrico	Coordenadas Geográficas		Vazão Máxima Instantânea (m^3/h)	Uso Diário Máximo		Prazo (anos)
		Latitude Sul	Latitude Oeste		Volume (m^3)	Período (h/d)	
Captação Superficial	Rio Paraibuna	23°23'30,00"	45°39'24,00"	180,00	4.320,00	24	10
Lançamento Superficial	Afluente do Córrego Espirito Santo	23°27'33,00"	45°39'01,00"	180,00	4.320,00	24	10
Poço Local 001 DAEE 347-0012	Aquífero Cristalino Rodovia Alfredo R. de Moura, s/nº, Bairro Cedro	23°32'51,00"	45°35'49,00"	5,60	44,80	08	10
Poço Local 002 DAEE 327-0043	Aquífero Cristalino Estrada Municipal Paraibuna à Santa Branca, Bairro Santa Edwiges	23°22'01,00"	45°41'46,00"	2,87	34,44	12	10
Poço Local 003 DAEE 327-0044	Aquífero Cristalino Estrada Espirito Santo, Bairro Espirito Santo	23°27'33,00"	45°39'01,00"	8,65	69,20	08	10
Poço Local 004 DAEE 327-0045	Aquífero Cristalino Alameda das Acacias, Bairro São Germano	23°22'37,00"	45°42'20,00"	5,10	45,90	09	10
Poço Local 005 DAEE 327-0046	Aquífero Cristalino Rua Girassol, Bairro Telles Baixo	23°26'19,00"	45°36'43,00"	5,65	113,00	20	10
Poço Local 006 DAEE 327-0047	Aquífero Cristalino Telles Altos, Bairro Telles Alto	23°26'12,00"	45°36'57,00"	1,20	12,00	10	10
Poço Local 007 DAEE 327-0048	Aquífero Cristalino Estrada Municipal Paraibuna à Santa Branca, Bairro Colinas	23°26'19,00"	45°42'19,00"	4,05	24,30	06	10

Figura 40 - Outorgas para uso em recursos hídricos superficiais e subterrâneos para fins de atendimento urbano em Paraibuna - SP.

Fonte: CAEPA. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.1.5. Segurança Hídrica

O conceito de segurança hídrica, segundo a Organização das Nações Unidas – ONU/2014, é dado como a capacidade de a população ter acesso sustentável à água em quantidade e qualidade adequadas para a manutenção da vida e do bem estar humano, garantindo o desenvolvimento das atividades econômicas, a proteção contra doenças de veiculação hídrica e desastres associados à água, bem como a preservação dos ecossistemas.

A concepção de segurança hídrica é o objetivo central da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei n.º 9.433/1997. O conceito de segurança hídrica também se alinha com os objetivos da ONU, cujas metas visam erradicar a pobreza, proteger o planeta, garantir a paz e a prosperidade.

Dentro dessa perspectiva, foram elaborados os dezessete objetivos do desenvolvimento sustentável - ODS, e dentre estes, pode-se destacar as ações para

ampliar a segurança hídrica brasileira em vista do objetivo seis. O objetivo 6 do Desenvolvimento Sustentável estabelece que é preciso:

- Melhorar a qualidade da água;
- Reduzir a poluição;
- Eliminar despejos;
- Minimizar a liberação de produtos químicos e materiais perigosos;
- Reduzir à metade a proporção de água residuais não tratadas;
- Aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores;
- Assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água;
- Apoiar e fortalecer a participação das Comunidades locais para melhorar a gestão da água e do saneamento;
- Reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água;
- Aumentar substancialmente a reciclagem e reutilização de água entre outras.

Deve-se ainda considerar a Lei Estadual nº 16.337/2016, a qual dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, responsável por regulamentar o regime de outorga de águas no Estado de São Paulo.

Em Paraibuna há a Emenda a Lei Orgânica Nº 1, de 28 de dezembro de 2010, que consiste na Revisão e atualização consolidada da lei orgânica do município de Paraibuna/SP, de acordo com as constituições, federal e estadual e legislação infraconstitucional, e dá outras providências.

Nesta, tem-se na Seção II – Dos Recursos Naturais, a Subseção I – Dos recursos hídricos, onde em seu Art. 173 são expostas responsabilidades ao município, no campo dos recursos hídricos, como por exemplo estabelecer medidas para proteção e conservação das águas, superficiais e subterrâneas, e para sua utilização racional, especialmente daquelas destinadas a abastecimento público.

2.1.6. Balanço entre Consumos e Demandas de Abastecimento de Água na Área de Planejamento

Com base nos dados disponibilizados pelo SNIS, referente ao ano de 2022, foram calculadas as médias mensais dos volumes consumido, faturado e produzido. O volume faturado de água pode apresentar valor maior que o volume efetivamente consumido, pois, o seu cálculo adota parâmetros de consumo mínimo ou médio.

Desse modo, caso o usuário consuma qualquer volume abaixo do definido como valor faturado, este terá que pagar pelo volume determinado como consumo mínimo. O volume consumido de água é o volume anual de água que de fato foi servido nas ligações ativas.

Enquanto que o volume faturado de água é referente ao volume anual de água debitado ao total de economias, medidas e não medidas, para fins de faturamento, incluindo também o volume de água tratada exportado. O volume de água produzido se refere a quantidade anual de água captada disponível para o consumo. Sendo assim, a tabela abaixo mostra os valores do volume consumido, do volume faturado e do volume produzido do Município de Paraibuna.

Tabela 24 – Volume, faturado e produzido no Município de Paraibuna – SP no ano de 2022.

Ano	Volume Consumido (m³/ano)	Volume Faturado (m³/ano)	Volume de Água produzido (m³/ano)
2022	677,05	846,92	968,24

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Os dados acima mostram que o volume consumido é menor que o volume faturado e o volume produzido, de acordo com o SNIS 2021. Desta forma, percebe-se através destes valores que há um índice de perdas no sistema de captação e distribuição do município, totalizando em aproximadamente 20,06% de perdas.

2.1.7. Estrutura de Tarifação, Índice de Inadimplência, Receita Operacional e Indicadores Operacionais

Taxa é o pagamento de imposto obrigatório ao Governo por serviços prestados e, a tarifa corresponde à forma de pagamentos por serviço ou benefício prestado, portanto, não sendo compulsória.

O regime tarifário do custo de serviço tem por objetivo evitar que os preços fiquem abaixo dos custos de manutenção e operação, além de garantir que o preço final seja estabelecido entre a receita bruta e a receita requerida para a remuneração de todos os custos de produção. Dentre os principais objetivos da tarifação, pode-se constatar os seguintes critérios:

- Evitar que o preço fique abaixo do custo;
- Evitar o excesso de lucro;
- Viabilizar a agilidade administrativa no processo de definição e revisão de tarifas;
- Impedir a má-alocação de recursos e a produção ineficiente;
- Estabelecer preços não discriminatórios entre os consumidores.

Quanto à aplicação dos recursos adquiridos em função da cobrança do uso da água, está previsto pela Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997, o artigo 22, que trata sobre as aplicações prioritárias destes recursos na bacia hidrográfica em que foram gerados.

Em atendimento às diretrizes nacionais para o saneamento básico tem-se a Lei Federal n° 11.445/2007, alterada pela Lei nº 14026/2020 – Novo Marco Legal do Saneamento, os serviços desta área devem ser prestados em condições de sustentabilidade e equilíbrio econômico-financeiro.

Assim, as tarifas e taxas devem ser adequadas de forma justa considerando o balanço entre receitas, despesas e investimentos necessários para manter a qualidade e a universalização dos serviços, com subsídios tarifários à população de baixa renda, tendo em vista a equidade social no atendimento.

O Plano de Saneamento Básico deve discutir estes critérios a fim de respaldar o município quanto aos interesses internos de investimentos.

Desta forma, com o intuito de apresentar mais informações sobre os custos operacionais realizados para o Município de Paraibuna, abaixo segue a tabela com as informações do SNIS – 2022 e, a metodologia de cálculo para os principais indicadores.

Tabela 25 - Indicadores do sistema de abastecimento de água – SAA de Paraibuna no ano de 2022.

ITEM	INDICADOR	R$/ano	R$/m³
FN002	Receita operacional direta de água	3.423.976,13	-
FN005	Receita operacional total (direta + indireta)	5.419.174,35	-
FN006	Arrecadação total	5.323.860,06	-
FN013	Despesa com energia elétrica	531.120,02	-
FN014	Despesa com serviços de terceiros	480.006,20	-
FN015	Despesas de exploração	4.329.957,04	-
IN003	Despesa total com os serviços por m³ faturado	-	4,67
IN004	Tarifa média praticada	-	4,06
IN005	Tarifa média de água	-	4,04

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O IN003 - Despesa Total com os serviços por m³ faturado de água e esgoto, é calculado através do valor das despesas totais com os serviços dividido pelo volume total faturado (Água e Esgoto). Sendo assim, para se calcular o IN003 é utilizada a fórmula abaixo:

$$IN003 = \frac{Despesas\ Totais\ com\ os\ Serviços\ (DTS)}{Volume\ Total\ Faturado\ (Água + Esgoto)}$$

O IN004 – Tarifa Média Praticada, corresponde ao cálculo da divisão da receita operacional direta total, pela soma do volume de água faturado com o volume de esgotos faturado. Este indicador apresenta o valor gasto por metro cúbico de água ou de esgoto faturado. Sendo assim, para se calcular o IN004 é utilizada a fórmula abaixo:

$$IN004 = \frac{\text{Receita Operacional Direta Total}}{\text{Volume de Água Faturado + Volume de Esgotos Faturado}} \times \frac{1}{1.000}$$

O IN005 - Tarifa Média de Água, corresponde ao valor da receita operacional direta de água, dividido pelo valor obtido entre a subtração do volume de água faturado e o volume de água exportado. Sendo assim, para se calcular o IN005 é utilizada a fórmula abaixo:

$$IN005 = \frac{Receita\ Operacional\ Direta\ de\ Água}{Volume\ de\ Água\ Faturado - Volumes\ de\ Água\ Exportados}$$

Contudo, a tabela abaixo mostra os valores dos índices IN003, do IN004 e do IN005 do Município de Paraibuna, do Município de Salesópolis, utilizado como município de comparação, do Estado de São Paulo e do Brasil. Lembrando que a unidade dos valores apresentados é em R$/m³.

Tabela 26 - Comparativo de valores praticados entre Paraibuna, Salesópolis e as médias Estaduais e Nacionais (R$ / m³).

Índice	Paraibuna	Salesópolis	São Paulo	Brasil
IN003	4,67	4,43	3,41	3,98
IN004	4,06	4,12	3,65	4,25
IN005	4,04	4,13	3,62	4,55

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Analisando-se os dados contidos na tabela acima, observa-se que o município de Paraibuna, no índice de despesa total – IN003, apresentou um valor de 4,67 R$/m³, sendo este valor, superior as outras três localidades comparativas, sendo que o Município de Salesópolis apresenta valor ligeiramente menor.

No índice da tarifa média praticada – IN004, o valor foi de 4,06 R$/m³, sendo este inferior ao Município de Salesópolis, que possui o valor de 4,12 R$/m³, e da média nacional, com valor de 4,25 R$/m³.

Enquanto que no índice da tarifa média de água – IN005, o valor no município de Paraibuna foi 4,04 R$/m³, novamente inferior ao Município de Salesópolis, com tarifa média de água de 4,13 R$/m³ e da média nacional, com 4,55 R$/m³. Um outro índice muito importante é o IN058 - Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água, correspondendo à quantidade de quilowatts por hora para a produção de um metro cúbico de água.

Este indicador é importante para a avaliação dos custos com energia elétrica, sendo possível avaliar se o sistema demanda de muita energia para manter o abastecimento da população, além de possibilitar um comparativo com outros sistemas. Sendo assim, para se calcular o IN058 é utilizada a fórmula abaixo:

$$IN058 = \frac{Consumo\ Total\ d\ Energia\ Elétrica\ em\ Sistemas\ de\ Água}{Volume\ de\ Água\ (Produzido - Tratada\ Importado)}$$

FN006 apresentou um valor de R$5.323.860,06, e o FN017 apresentou um valor de R$6.135.217,81, gerando um valor negativo (Déficit) de R$811.357,75 ao SAA de Paraibuna.

2.2. Sistema de Esgotamento Sanitário

A carência na oferta do serviço de esgotamento sanitário, também pode ser relacionada ao crescimento sem planejamento dos bairros, aliado a falta de ordenamento territorial e fiscalização. Dentro dessa perspectiva, o fluxograma abaixo, extraído do relatório “Panorama do Saneamento no Brasil – Vol. 2”, ilustra esta classificação.

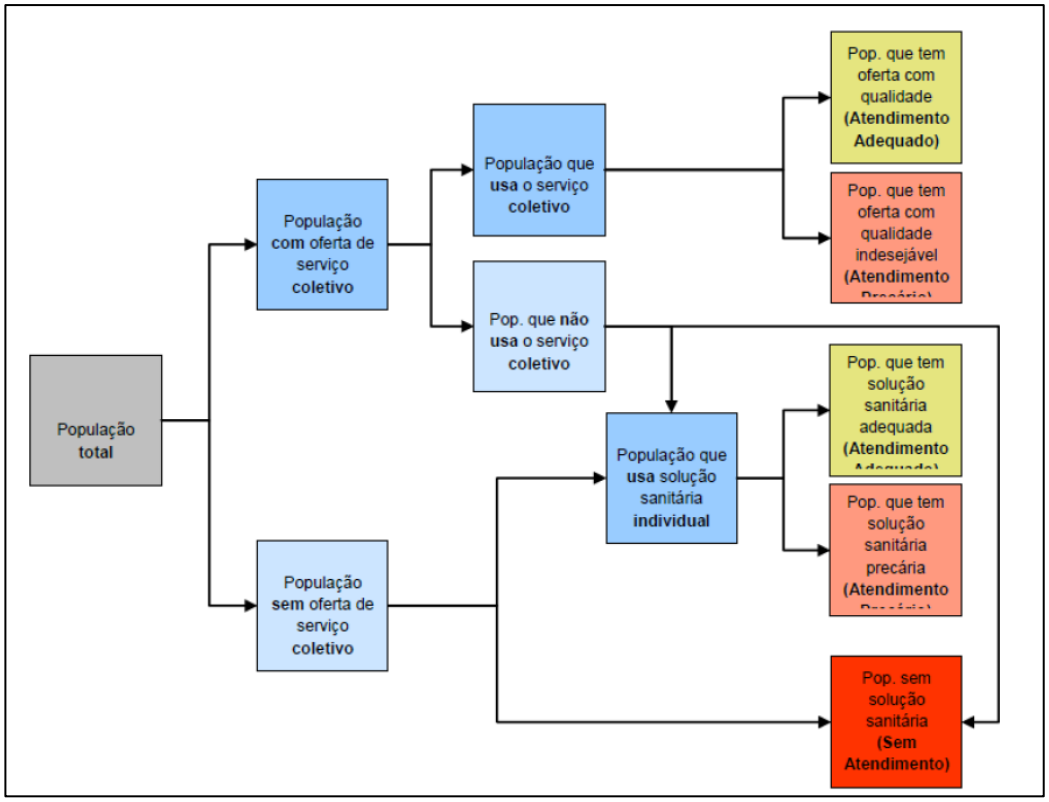


Figura 41 - Classificação do acesso ao Serviço de Esgotamento Sanitário.

Fonte: Panorama do Saneamento Básico no Brasil, 2011. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo com os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações do Saneamento, observa-se que o Brasil atende 55,81% da população brasileira com rede de esgotamento sanitário e que 51,17% do esgoto gerado é tratado. O índice de coleta de esgotos urbanos para a Região Sudeste é de 85,93%, no entanto o de Paraibuna é de 51,68%, e cerca de 39% do coletado, é tratado (SNIS 2022).

Desse modo, na tabela abaixo é possível visualizar os dados de cobertura de coleta e tratamento dos esgotos, em âmbito Nacional, Regional e Municipal.

Tabela 27 - Panorama da coleta e tratamento de esgotos a nível Nacional, Regional e Municipal.

Macrorregião	Coleta de Esgotos		Tratamento de Esgotos	
	Total	Urbano	Gerados	Coletados
	IN056	IN024	IN046	IN016
Norte	13,98	18,38	84,12	20,62
Nordeste	30,2	39,19	35,49	77,93
Sudeste	81,67	85,93	58,57	77,36
Sul	48,43	55,34	46,7	94,29
Centro-Oeste	61,88	68,36	60,51	94,81
Brasil	55,81	64,08	51,17	80,84
Paraibuna	48,87	-	19,98%	38,67%

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2022. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A tabela abaixo mostra os indicadores mais recentes do sistema de esgotamento sanitário do Município de Paraibuna presentes no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.

Tabela 28 - Indicadores do sistema de esgotamento sanitário de Paraibuna.

Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de Paraibuna	
Ano de referência	2022
ES001 - População total atendida com esgotamento sanitário [habitante]	8.633
ES002 - Quantidade de ligações ativas de esgoto [ligação]	2.925
ES003 - Quantidade de economias ativas de esgoto [economia]	2.995
ES004 - Extensão da rede de esgoto [km]	43,14
ES005 - Volume de esgoto coletado [1.000 m³/ano]	349,87
ES006 - Volume de esgoto tratado [1.000 m³/ano]	135,28
ES007 - Volume de esgoto faturado [1.000 m³/ano]	466,73
ES008 - Quantidade de economias residenciais ativas de esgoto [economia]	2.571
ES009 - Quantidade de ligações totais de esgoto [ligação]	2.941
ES026 - População urbana atendida com esgotamento sanitário [habitante]	-
ES028 - Consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgotos [1000 kWh/ano]	176,23
IN015 - Índice de coleta de esgoto [percentual]	51,68
IN016 - Índice de tratamento de esgoto [percentual]	38,67
IN021 - Extensão da rede de esgoto por ligação [m/lig.]	14,78
IN056 - Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água [percentual]	48,87

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, 2022. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Comparando o percentual de atendimento do serviço de esgotamento sanitário na área urbana de Paraibuna com as outras regiões do país, constata-se que o Município se encontra em posição inadequada, apresentando índices de atendimento

relativamente baixos, em comparação aos demais, muito devido aos investimentos recentes no tratamento de esgoto no município.

Como exemplo, tem-se a construção e inauguração da Estação de tratamento no ano de 2020, que atualmente possui capacidade superior ao volume de efluente coletado, e que ao longo dos anos tende ao tratamento para todo o esgoto gerado nas propriedades urbanas de Paraibuna. Contudo, para se atingir os 100%, há necessidade de mais recursos neste setor, para priorizar a saúde ambiental do Município e, consequentemente, dos cidadãos residentes no mesmo.

Ressalta-se que, municípios carentes nestes índices relacionados à coleta e o tratamento de esgotos, possuem em seus territórios a degradação do ambiente, somado a casos de saúde ocasionados pelas baixas taxas de saneamento adequado, bem como, a incapacidade de valorização imobiliária e atraso do desenvolvimento econômico do município com a consequente diminuição da qualidade de vida da população.

De acordo com a Lei Federal nº 14.026 de 2020, deve-se estabelecer um sistema de informações sobre os serviços, articulado com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Com a atualização periódica do Plano Municipal de Saneamento Básico, que deve ser revisto por exigência legal em prazo não superior a 10 anos, este sistema poderá ser complementado com outros indicadores que no decorrer do processo forem considerados relevantes para acompanhamento do serviço de esgotamento sanitário no município.

Conforme explícito na mesma lei, o município também deve estabelecer um sistema de informações sobre os serviços, articulado com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.

Com a atualização periódica do Plano Municipal de Saneamento Básico, que deve ser revisto por exigência legal em prazo não superior a dez anos, este sistema poderá ser complementado com outros indicadores que no decorrer do processo forem considerados relevantes para o acompanhamento do serviço de esgotamento sanitário no município.

2.2.1. Estações de Tratamento de Esgoto - ETE

O tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros, materiais de maiores dimensões e areia, enquanto o tratamento primário visa a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Nestes dois tipos de tratamento, predominam os mecanismos físicos de remoção de poluentes.

Por outro lado, no tratamento secundário, predominam mecanismos biológicos (sistemas anaeróbios, filtros biológicos, lagoas de estabilização, lodos ativados, dentre outros), tendo como objetivo principal a remoção de matéria orgânica e, eventualmente, nutrientes (nitrogênio e fósforo).

O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário, nutrientes e patógenos. A remoção de nutrientes e patógenos também pode ser considerada integrante do tratamento secundário dependendo do sistema, visto que o tratamento terciário é bastante raro no Brasil.

O Município de Paraibuna conta com uma ETE, inaugurada no ano de 2020 pelo CAEPA, sendo o primeiro processo de tratamento dos efluentes no município em mais de 350 anos de história. A estação em questão leva a sigla E.P.A.R, sendo Estação Produtora de Água de Reuso “José Toledo Diniz” e está localizada na Av. Antônio Feliciano da Silva S/N, às margens do Rio Paraibuna, nas coordenadas de Latitude 23°22'34.65"S e Longitude 45°40'3.69"O.

A tecnologia utilizada para o tratamento na EPAR foi implantada de forma a otimizar o processo, ocupando uma área relativamente menor em comparação com estações convencionais, porém com uma alta capacidade de tratamento.

O processo de tratamento é composto por diversas etapas, onde o efluente chega a EPAR a partir das Estações Elevatórias de Esgoto bruto (EEE), passando pelos processos de pré-tratamento, reatores tipo UASB, lodos ativados, separação de sólidos, desinfecção do efluente e desidratação do lodo (GS Inima Brasil, 2020). A seguir são apresentadas imagens registradas das instalações e dos processos de tratamento no interior da estação.

Figura 42 - Instalações da Estação Produtora de Água de Reuso em Paraibuna.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 43 – Leito de secagem do lodo na EPAR - Paraibuna.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 44 - Armazenamento do Lodo seco para o descarte adequado.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O reator UASB é uma tecnologia de tratamento biológico de esgotos que utiliza a decomposição anaeróbia da matéria orgânica. O sistema é constituído por uma coluna de fluxo ascendente, dividida em uma zona de digestão, uma zona de sedimentação e um dispositivo de separação das fases gás-sólido-líquido (UTE, 2016).

Na Tabela 29 são expostas as informações referentes a EPAR do Município de Paraibuna, elencando as vazões operacionais de entrada e de saída, a eficiência média do sistema e o tipo de tratamento realizado.

Tabela 29 - Vazão operacional (L/s) e eficiência média de tratamento (%) da EPAR – Paraibuna.

NOME	TIPO PRINCIPAL	INÍCIO DA OPERAÇÃO	ENDEREÇO	VAZÃO OPERACIONAL (L/S)		EFICIÊNCIA MÉDIA
				ENTRADA	SAÍDA	(%)
Estação Produtora de Água de Reuso José Toledo Diniz	REATORES UASB	2020	Av. Antonio Feliciano da Silva S/N	7,75	7,27	95%

Fonte: CAEPA. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Ressalta-se que, segundo informações obtidas pelo CAEPA, a EPAR de Paraibuna foi projetada para o tratamento de esgoto sanitário do município com uma vazão média igual a 20 L/s, com picos horários de até 33,7 L/s.

Além dos processos de tratamento, o sistema de esgotamento sanitário do Município de Paraibuna ainda conta com o monitoramento através do Centro de Comando e Operação, conforme mencionado em tópicos anteriores e que são apresentados na Figura 45.

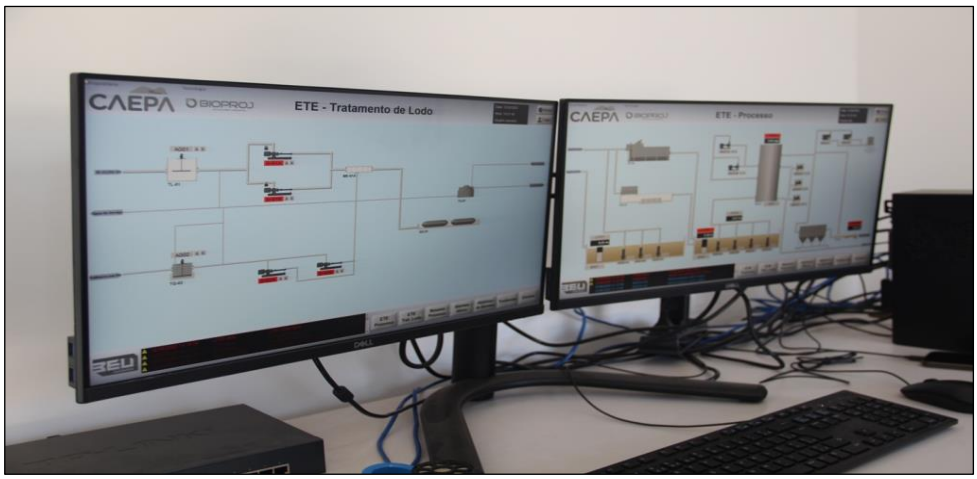


Figura 45 - Monitoramento dos sistemas de tratamento de esgoto no Centro de Comando e Operação.

Fonte: Prefeitura Municipal de Paraibuna, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.2.2. Estações Elevatórias de Esgoto - EEE

A Tabela 30 exibe as 4 EEE em operação no Município de Paraibuna, considerando a última atualização reportada pelo CAEPA em 18 de junho de 2024, onde também são informados o número de conjunto de motobombas instalados, a potência total das mesmas, a localização e o ano de início das operações.

Tabela 30 - Estações Elevatórias de Esgoto - EEE em Paraibuna.

Nome	Endereço	Coordenadas	Início da Operação	Nº de Conjuntos Motobomba	Potência Total (cv)
EEE 1 (EPAR)	Av. Antonio Feliciano da Silva S/N	-23.37613, -45.66773	2020	3	3,5/3,5/3,5
EEE 2 (EPAR)	Av. Antonio Feliciano da Silva S/N	-23.37624, -45.66755	2020	4	5,0/5,0/5,0/5,0
EEE Paraiba 5	AV. Antonio Feliciano da Silva	-23.37895, -45.6682	2022	2	7,5/7,5
EEE Central	AV. Beira Rio	23"23"12"S, 45º39'41"W	2022	2	15,0/15,0

Fonte: CAEPA. Administrado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Na Figura 46 e Figura 47 são apresentadas as EEE Central e Paraíba do Município de Paraibuna, respectivamente, registradas durante visita técnica, além de outras obras relacionadas com o sistema de esgotamento sanitário. Vale ressaltar que as EEE 1 e 2 estão presentes no interior das instalações da EPAR, já as outras duas estão localizadas em pontos distintos do município, conforme apresentado na Figura 48.

Figura 46 - Estação Elevatória de Esgoto Central de Paraibuna.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 47 - Estação Elevatória de Esgoto - Paraíba.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

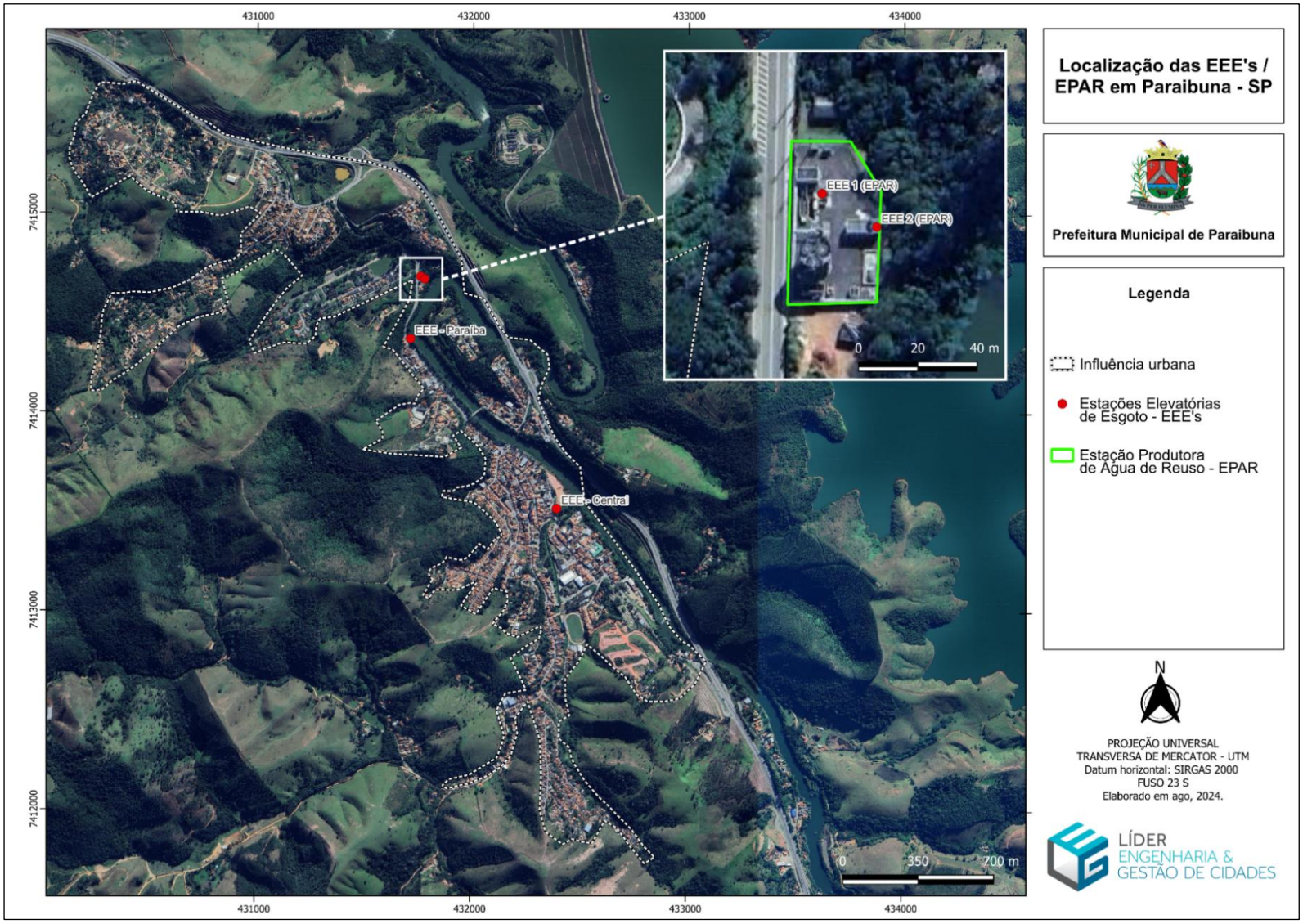


Figura 48 - Mapa de Localização das Estações Elevatórias de Esgoto e da EPAR em Paraibuna.
Fonte: CAEPA / Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.2.3. Corpo Hídrico Receptor

A Resolução CONAMA n° 430 de 2011 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes. Segundo o artigo 10 desta resolução, os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento, deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

Esta resolução também estabelece que, os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água.

A resolução citada estabelece metas obrigatórias através de parâmetros para o lançamento de efluentes, de forma a preservar as características do corpo de água. Para os parâmetros não inclusos nas metas obrigatórias, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado. Na ausência de metas intermediárias progressivas obrigatórias, devem ser obedecidos os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.

A Resolução CONAMA nº 430 de 2011, através do Artigo 21 define os padrões de lançamento, modificando os limites estabelecidos para alguns parâmetros definidos anteriormente pela Resolução nº 357 de 2005, e acrescenta um parágrafo onde especifica que o parâmetro nitrogênio amoniacal total não é mais aplicável em sistemas de tratamento de esgotos sanitários.

Na prática, quanto aos valores estabelecidos pela Legislação Federal referente aos lançamentos de esgotamento sanitário, é fixado a taxa máxima de

120 mg/l para DBO_5, sendo permitido concentração superior a essa apenas quando o sistema tiver eficiência de 60%.

De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA), na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, os principais usos da água são: abastecimento (cerca de 14 milhões de pessoas abastecidas), irrigação, geração de energia elétrica e diluição de esgotos, sendo este último o principal fator contribuinte para a poluição do Rio Paraíba do Sul.

Desta forma, no Município de Paraibuna o corpo hídrico que recebe os efluentes domésticos é o Rio Paraibuna e diante de informações elencadas no Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, o mesmo se enquadra como Classe I: águas que podem ser destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;
- à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

2.2.4. Sistemas Individuais

Apesar da falta de acesso a serviços de esgotamento sanitário também existir em grandes centros urbanos, há uma enorme disparidade da situação entre as áreas urbanas e as rurais. Sabe-se que a cada dez pessoas sem acesso a práticas adequadas de saneamento, sete vivem em áreas rurais (WHO/UNICEF, 2015).

Nessas regiões, 49% da população ainda convive com práticas consideradas inadequadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), como o uso de banheiros compartilhados, a defecação ao ar livre ou ainda o lançamento dos dejetos sem qualquer tratamento diretamente no solo ou em corpos d'água (WHO/UNICEF, 2015).

Apesar do baixo índice de cobertura das áreas rurais do Brasil por redes coletoras de esgotos, isso por si só não é um agravante para as condições sanitárias (SOUSA, 2004; FUNASA 2015). Os sistemas locais de tratamento de esgoto (também chamados de descentralizados) — se bem projetados, construídos e operados – são boas alternativas para garantir a saúde da população e, ao mesmo tempo, manter a integridade ambiental dessas localidades (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009), especialmente de áreas menos densamente habitadas (USEPA, 2002).

Os sistemas individuais, ou descentralizados, atendem residências unifamiliares ou pequeno número de contribuintes, recomendado para áreas com baixa densidade populacional e com nível de lençol freático adequado, uma vez que normalmente a disposição final do efluente tratado envolve infiltração.

É evidente que o despejo de esgoto sanitário sem tratamento nos mananciais piora a qualidade da água, sendo de extrema importância tratar e dispor adequadamente o esgoto. Em algumas áreas, essa questão é complicada devido ao afastamento em relação às estações de tratamento de esgoto, à geografia do local, ou mesmo, à falta de infraestrutura. Neste contexto, uma solução é a descentralização do tratamento do esgoto doméstico, com a implantação, por exemplo, de fossas sépticas, filtros e sumidouros.

Desenvolvidos para atender as comunidades mais isoladas, os sistemas individuais, quando bem executados e operados, se tornam uma opção efetiva como solução sanitária para o tratamento dos efluentes domésticos. É um dos mais simples, porém eficientes, sistemas de tratamento de esgoto doméstico previsto nas Normas NBR 7.229 e 13.969, indicado para residências ou instalações localizadas em áreas não providas de rede de coleta.

Dentro desta abordagem são destacados os seguintes sistemas individuais de tratamento de esgotos, que quando operado em conjunto, atingem os níveis de tratamento exigido:

- Fossas Sépticas;
- Valas de Infiltração/Filtros;
- Sumidouro.

Segundo CHERNICHARO (2007), as fossas sépticas, ou tanques sépticos, são unidades de forma cilíndrica ou prismática retangular, de fluxo horizontal, destinadas principalmente ao tratamento primário de esgotos de residências unifamiliares e de pequenas áreas não servidas por redes coletoras. No tratamento, cumprem basicamente as seguintes funções:

- Separação gravitacional da escuma e dos sólidos, em relação ao líquido afluente, vindo os sólidos a se constituir em lodo;
- Digestão anaeróbia e liquefação parcial do lodo;
- Armazenamento do lodo.

É de fundamental importância para o bom funcionamento dos tanques sépticos, a retirada do lodo em períodos pré-determinados pelo projeto. A falta de retirada do lodo leva a sua acumulação excessiva e à redução do volume reacional do tanque, prejudicando sensivelmente as condições operacionais do reator.

As fossas sépticas devem se distanciar da moradia em 4 metros a fim de evitar mau odor, nem muito longe, para evitar tubulações muito longas. Estruturas construídas próximas ao banheiro também tendem a evitar curvas nas

canalizações, o que beneficia o bom funcionamento. Também, sugere-se a instalação num nível mais baixo em relação ao terreno, favorecendo o escoamento.

Uma exigência importante é que este tipo de sistema seja construído longe de poços ou de qualquer outra fonte de captação de água, pelo menos 30 metros de distância, para evitar contaminações, no caso de um eventual vazamento. Abaixo segue as imagens do sistema de fossas sépticas.

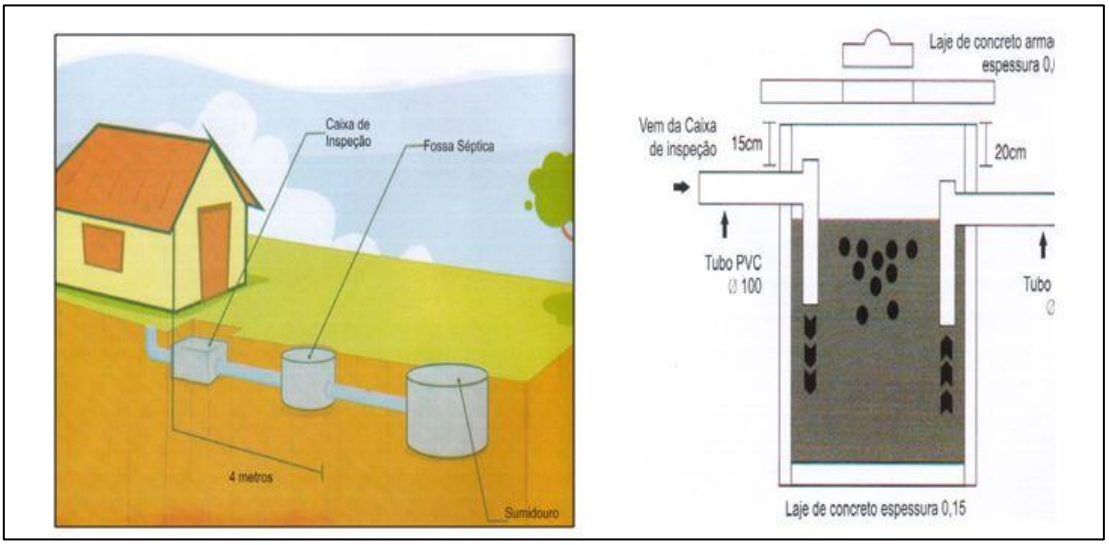


Figura 49 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

As valas de infiltração e os filtros apresentam o mesmo princípio no tratamento dos esgotos. Caracterizado como tratamento secundário, este sistema permite uma eficiência na redução da carga orgânica acima de 80%. Através da retenção das partículas de lodo formadas e arrastadas da fossa séptica, as bactérias anaeróbias se formam e se fixam na superfície do meio filtrante.

As valas de infiltração consistem na escavação de uma ou mais valas, nas quais são colocados tubos de dreno com brita ou bambu que permite ao longo do seu comprimento o escoamento do efluente proveniente da fossa séptica para dentro do solo.

O comprimento total das valas depende do tipo de solo e quantidade de efluentes a ser tratado. Em terrenos arenosos é proposto 8m de valas por

pessoa. Entretanto, para um bom funcionamento do sistema, cada linha de tubos não deve ter mais de 30m de comprimento. Portanto, dependendo do número de pessoas e do tipo de terreno, pode ser necessária mais de uma linha de tubos/valas.

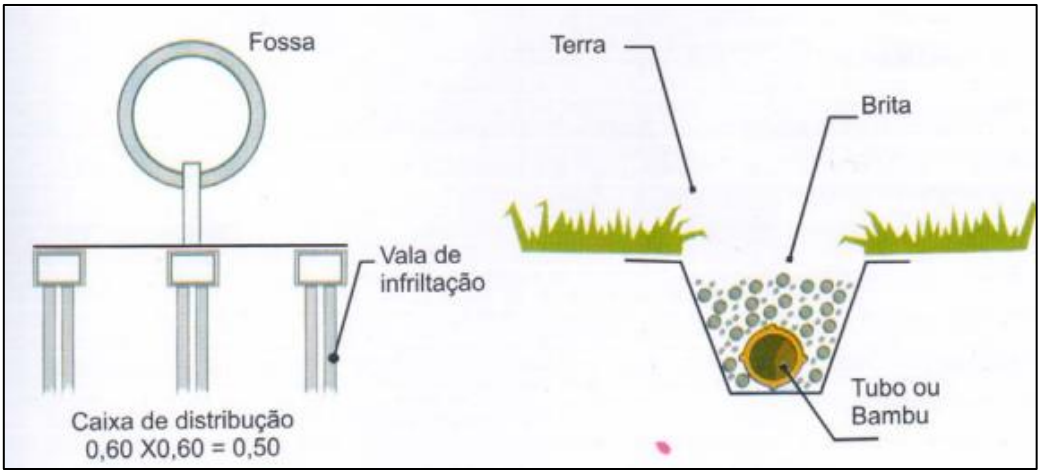


Figura 50 – Sistema de tratamento individual – Valas de Infiltração.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O sumidouro é um poço sem laje de fundo que permite a penetração do efluente da fossa séptica no solo. O diâmetro e a profundidade dos sumidouros dependem da quantidade de efluentes e do tipo de solo. Mas não devem ter menos de 1m de diâmetro e mais de 3m de profundidade, para simplificar a construção.

Os sumidouros podem ser construídos de tijolo maciço ou blocos de concreto ou ainda com anéis pré-moldados de concreto. A construção de um sumidouro começa pela escavação de buraco, a cerca de 3 m da fossa séptica e um nível um pouco mais baixo, para facilitar o escoamento dos efluentes por gravidade. A profundidade do buraco deve ser 70 cm maior que a altura final do sumidouro. Isso permite a colocação de uma camada de pedra, no fundo do dispositivo, para infiltração mais rápida no solo e de uma camada de terra, de 20 cm, sobre a tampa do sumidouro.

Os tijolos ou blocos só devem ser assentados com argamassa de cimento e areia nas juntas horizontais. As juntas verticais devem ter espaçamentos (no caso de tijolo maciço) e não devem receber argamassa de assentamento, para facilitar o escoamento dos efluentes. Se as paredes forem de anéis pré-

moldados, eles devem ser apenas colocados uns sobre os outros, sem nenhum rejuntamento, para permitir o escoamento dos efluentes.

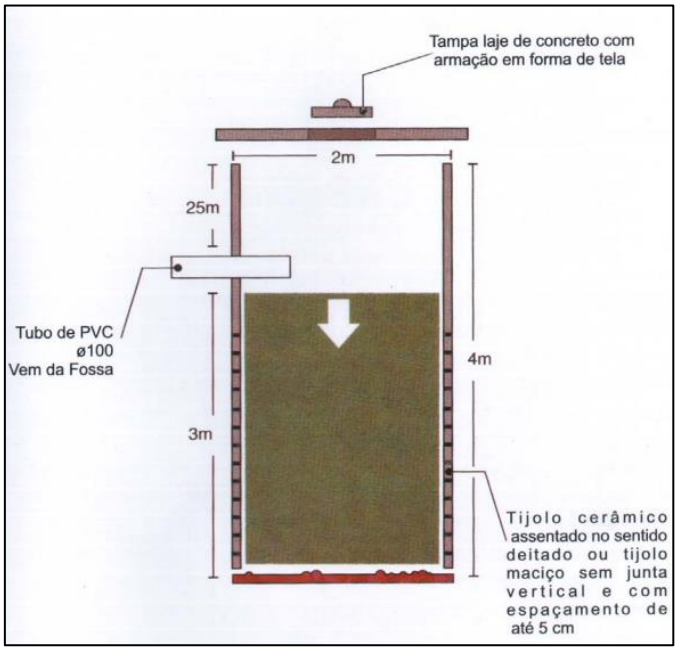


Figura 51 – Sistema individual de tratamento – Sumidouro.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Existem alternativas para complementar o tratamento realizado pela fossa séptica e para disposição final do efluente, dentre elas estão o filtro anaeróbio, o sumidouro, a vala de infiltração e, por fim, o tratamento do efluente por “wetland”.

Outra possibilidade que deve ser listada para implantação nas comunidades mais afastadas ou nas comunidades rurais, é a instalação de Estações Compactas de Tratamento de Esgotos. Nota-se atualmente que as associações não apresentam nenhum sistema de tratamento coletivo isolado. Nesse sentido, estas estações apresentam ótima eficiência do tratamento, além de apresentar as seguintes vantagens:

- Operação simples e de baixo custo;
- Alta flexibilidade operacional e de tratabilidade;
- Permite automatização rápida, simples e com baixo investimento;
- Totalmente pré-montada;
- Volume de lodo gerado inferior aos sistemas convencionais;

- Necessita apenas de uma base de concreto para apoio dos tanques;
- Área de implantação até 50% inferior aos sistemas convencionais

Figura 52 – Estação Compacta de Tratamento de Esgotos Sanitários.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de cidades, 2024.

Assim, a construção de programas que incentivem as comunidades rurais a implantarem esses sistemas, se mostra importante para as regiões que ainda não são atendidas, visto que muitas destas áreas têm os esgotos domésticos lançados a céu aberto ou diretamente nos mananciais.

A implantação de sistemas de tratamento descentralizado nas residências traz melhorias significativas para a população em termos de saneamento e saúde, e diminui impactos causados ao meio ambiente. Essa prática deve ser incentivada e monitorada pelos órgãos municipais, prestadora de serviço de saneamento e/ou órgão fiscalizador.

Em Paraibuna, não existe um programa formal de acompanhamento ou fiscalização para os sistemas individuais de tratamento de esgoto, o que contribui para o aumento do risco potencial de contaminação dos solos, águas subterrâneas e superficiais. Apesar da ausência de um programa estruturado, sabe-se que a maioria das propriedades rurais no município utiliza fossas rudimentares como solução para o tratamento de efluentes domésticos.

Esta alternativa apresenta maior probabilidade de comprometer a qualidade ambiental, especialmente em relação à contaminação do solo e da água. Esses sistemas podem ser identificados e substituídos por alternativas mais adequadas e ambientalmente seguras, como os biodigestores, que minimizam os impactos e atendem às diretrizes técnicas para saneamento em áreas rurais, dentre as tecnologias apresentadas.

2.2.5. Análise Crítica do Sistema de Esgotamento Sanitário de Paraibuna

Conforme as informações levantadas, pode-se elencar as principais deficiências presentes no sistema de esgotamento sanitário de Paraibuna, sendo:

- Baixo índice de coleta e tratamento de esgoto em relação à população total do município.
- Alto índice de sistemas individuais rudimentares de tratamento de esgoto em propriedades rurais do município.

A partir das deficiências levantadas serão apresentadas propostas mitigatórias na etapa de Prognóstico. Assim, deve-se apresentar soluções para os problemas apontados no presente produto.

2.3. Gerenciamento e Manejo dos Resíduos Sólidos

Neste capítulo serão apresentados os diferentes aspectos técnicos, institucionais, administrativos, legais, sociais e econômicos dos resíduos do serviço de limpeza pública, domiciliares, resíduos orgânicos, coleta seletiva, resíduos da construção civil – RCC, resíduos volumosos, resíduos dos serviços de saúde – RSS, resíduos de logística reversa obrigatória, resíduos agrossilvopastoris, resíduos de transporte, resíduos do saneamento, resíduos de mineração e a destinação final, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei n° 12.305/ 2010, assim como a sua destinação final.

Para cada tipo de resíduo gerado no Município de Paraibuna, um panorama será mostrado, para que toda a população compreenda a dinâmica do sistema de limpeza urbana.

Desta forma, com a população ciente dos problemas e de sua responsabilidade e principalmente das soluções que serão apresentadas nos trabalhos seguintes, o município poderá avançar para uma nova realidade repleta de bons hábitos e referência na questão do gerenciamento dos resíduos sólidos.

A PNRS - Política Nacional dos Resíduos Sólidos, em seu Artigo 3°, define resíduos sólidos da seguinte forma:

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

Os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com a sua origem, tipo, composição química e periculosidade. Enquanto que a sua caracterização tem por objetivo determinar a sua composição físico/químico. A classificação dos resíduos é necessária para a obtenção de informações, sobre seus potenciais riscos ambientais e de saúde pública.

A NBR n° 10.004/04 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, dispõe sobre a classificação de resíduos. De acordo com esta Norma,

os resíduos sólidos são classificados como resíduos no estado sólido e semissólido; resultantes de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas e de varrição. Inclui-se também nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, os lodos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, assim como, líquidos cujas particularidades tornem inviáveis seu lançamento ao ambiente.

A NBR n° 10.004/04 estabelece ainda a metodologia de classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Sendo assim, o Resíduo Classe I, ou Resíduo Perigoso, é o resíduo que apresenta característica de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

No que se refere ao Resíduo Classe II, considerado Não-Perigoso, estão inseridos os Resíduos Não-Inertes e Inertes. Os resíduos Não-Inertes são aqueles que podem apresentar propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em água, geralmente são os resíduos úmidos, orgânicos.

Os Inertes, por outro lado, são aqueles que não se enquadram em nenhuma das classificações anteriores, sendo fortemente representados pelos resíduos recicláveis. A classificação dos resíduos, segundo sua origem, de acordo a PNRS, Lei n° 12.305/2010, ocorre da seguinte forma:

a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;

b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;

c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;

d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;

e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;

f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Contudo, é importante também apresentar um panorama sobre os serviços de gestão de resíduos sólidos e limpeza pública da Região Sudeste, no qual, 1.486 municípios responderam ao Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) referentes ao ano de 2022, incluindo o Município de Paraibuna.

Estes municípios geraram ao todo no ano, quase oito milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos – RSU, de acordo com o SNIS. A Tabela 31 mostra o total da população urbana nas cinco regiões brasileiras e a quantidade de resíduos coletados no ano de 2020.

Tabela 31 - Quantidade de resíduos gerados nas regiões do Brasil no ano de 2020.

Macrorregião	Qtd. Municípios da Amostra	População Urbana	Geração Per Capita kg/hab./dia	Quantidade de RSU Coletado Toneladas/dia
Norte	334	13.791.337	1,01	13.069
Nordeste	1.294	42.213.284	1,13	43.763
Sudeste	1.486	82.883.884	0,94	105.977
Sul	1.089	30.192.315	0,82	21.561
Centro-Oeste	386	14.703.334	0,94	14.941
Total 2018	3.468	176.539.719	4,22	161.441
Total 2019	3.712	178.011.749	4,51	179.379
Total 2020	4.589	183.784.154	4,84	199.311

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo com os dados informados pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA), a partir do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, no ano de 2022, 98,6% de todo o resíduo gerado na Região Sudeste foi coletado. Destes, 74,3% foram encaminhados para uma destinação final adequada, sendo a região brasileira com os melhores índices de coleta e destinação dos resíduos, seguido pela Região Sul e Centro-Oeste.

Estas informações levantadas são apresentadas nas Figura 53 e Figura 54.

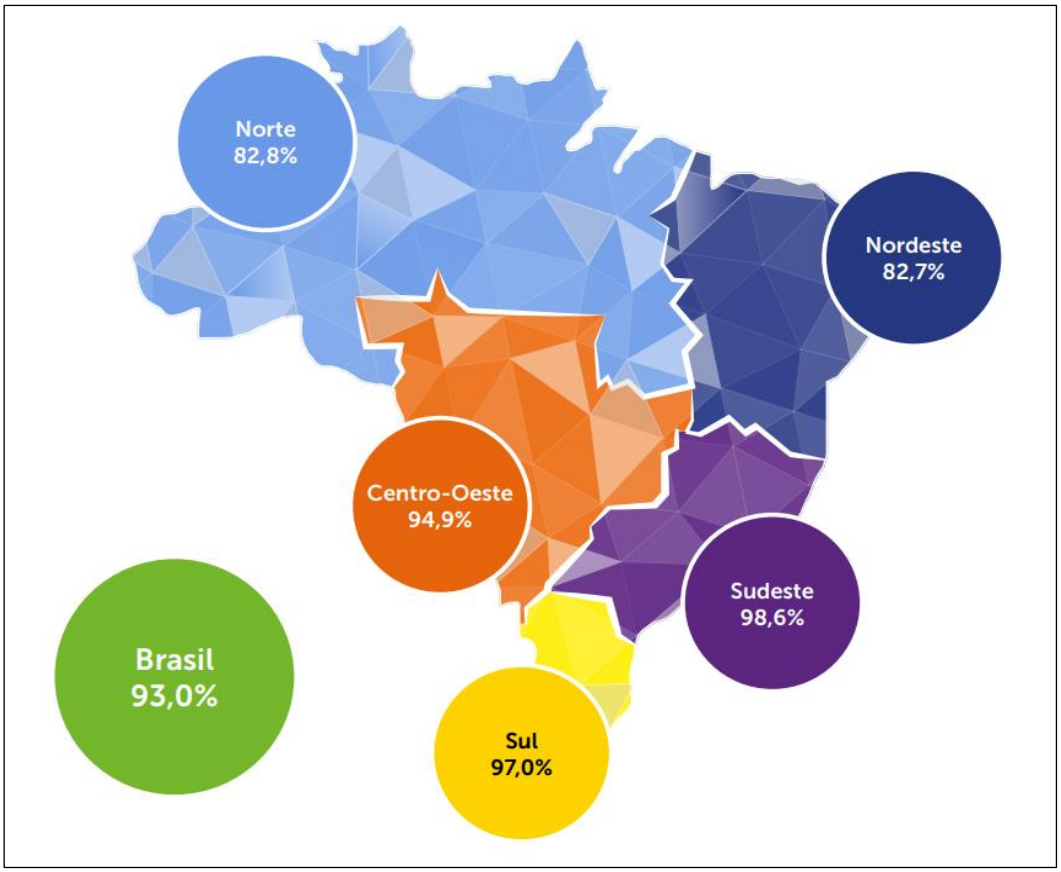


Figura 53 - Percentual de RSU coletados por Região Brasileira em 2022.
Fonte: ABREMA, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

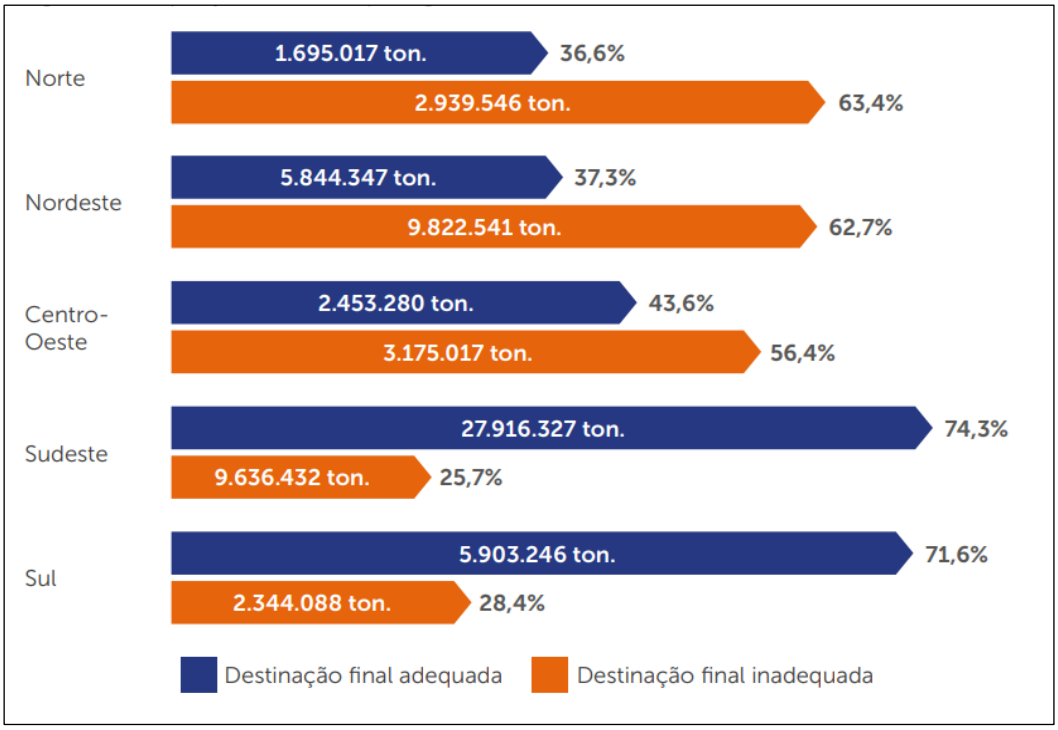


Figura 54 - Disposição final de RSU por Região Brasileira em 2022.
Fonte: ABREMA, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo ainda com a ABREMA, no mesmo ano de 2022, na Região Sudeste, o total de recursos aplicados no serviço de limpeza urbana por habitante foi de R$ 15,70/hab/mês, superando a média nacional de R$ 11,96/hab/mês. Já em relação ao montante das despesas municipais com serviços de limpeza urbana, a região sudeste apresenta o maior valor, com cerca de R$ 15,9 bilhões gastos em 2022, representando 55% da despesa nacional.

Para o Município de Paraibuna, de acordo com dados do Painel de Indicadores do SNIS, a massa de resíduos domiciliares e públicos (rdo+rpu) coletada per capita em relação à população total atendida pelo serviço de coleta no ano de 2022, foi de 0,52 kg/hab.dia de resíduos sólidos.

Tabela 32 – Massa *per capita* coletada.

Indicador	Quantidade (kg/hab.dia)
IN028 – Massa de resíduos domiciliares e públicos (rdo+rpu) coletada per capita em relação à população total atendida pelo serviço de coleta.	0,87

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, SNIS, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.3.1. Arcabouço Legal

O presente capítulo retrata de forma sucinta os instrumentos legais (leis, normas e regulamentos) que direta e/ou diretamente se relacionam com a gestão dos resíduos sólidos, respectivamente nos âmbitos: federal, estadual e municipal, os quais por sua vez serão confrontados numa análise integrada de suas redações por assunto de interesse ao planejamento, de modo a propiciar a identificação da compatibilidade destes entre si.

No caso dos resíduos sólidos, para auxiliar os gestores nas tomadas de decisões com o seu manejo adequado, há inúmeras determinações legais que agem como suporte para facilitar as ações de gerenciamento que envolvem toda a sua cadeia, sendo, a geração, o acondicionamento, o transporte, a disposição e a destinação final correta.

Entretanto, todo este arcabouço legal, até o presente momento, não impede que o indivíduo pratique atos criminosos envolvendo a questão dos resíduos, mas através deste mesmo arcabouço legal, a sociedade se torna ciente de que a comprovação de atos irregulares é passível de condenação, podendo ser desde advertências, passando por sanções administrativas e multas, até a detenção do responsável.

Âmbito Federal

Neste subcapítulo é apresentada uma síntese dos principais dispositivos legais e normativos vigentes no âmbito federal aplicáveis às temáticas relacionadas à gestão e ao gerenciamento de resíduos sólidos especificamente, educação, meio ambiente, saneamento básico, determinações e definições técnicas, dentre outras que se referem tanto ao planejamento quanto à estruturação e operação do sistema de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

A gestão dos resíduos sólidos, diretamente conexa ao serviço público de limpeza urbana, envolve-se no contexto do saneamento básico, o qual é um direito do cidadão, conforme preconiza a Constituição Federal (BRASIL, 1988) em vista da proteção à saúde e ao meio ambiente, de promoção à cidadania, infraestrutura e desenvolvimento urbano.

Observa-se que anteriormente à CF/1988 existiam legislações mais indiretamente aplicáveis à temática que também são elencadas e serão consideradas neste relatório em se tratando de dispositivos legais recepcionados pela Carta Magna e, portanto, vigentes.

A partir de promulgação da CF uma série de instrumentos legais na alçada do saneamento básico foram elaborados almejando a melhoria de sua qualidade, com objetivo de garantir o acesso universal ao sistema, com qualidade e controle social, conferindo ao gestor público um desafio para a sustentabilidade urbana com enfoque na gestão dos resíduos sólidos.

Tratando especificamente do regramento legal do saneamento básico, bem como dos demais instrumentos correlatos, que em síntese culminaram ao longo dos anos póstumos a promulgação da CF em políticas que convergem à melhoria ambiental com vista a gestão dos resíduos sólidos, apresenta-se na tabela a seguir os principais atos legais (leis e decretos) formalizados no âmbito federal.

Quadro 3 - Breve descritivo dos principais dispositivos legais de âmbito federal direta e/ou indiretamente relacionados com a gestão de resíduos sólidos.

NORMATIVO	DESCRITIVO
Lei n. 5764, de 16 de dezembro de 1971	Define a Política Nacional de Cooperativismo, institui o regime jurídico das sociedades cooperativas, e dá outras providências.
Portaria Minter n. 53, de 1 de março de 1979	Determina que os projetos específicos de tratamento e disposição de resíduos sólidos, ficam sujeitos à aprovação do órgão estadual competente.
Lei n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979	Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.
Lei n. 6.803, de 2 de julho de 1980	Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. Art. 2: As zonas de uso estritamente industrial destinam-se, preferencialmente, à localização de estabelecimentos industriais cujos resíduos sólidos, líquidos e gasosos, ruídos, vibrações, emanações e radiações possam causar perigo à saúde, ao bem-estar e à segurança das populações, mesmo depois da aplicação de métodos adequados de controle e tratamento de efluentes, nos termos da legislação vigente.
Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981	Institui a Política Nacional de Meio Ambiente.
Constituição da República Federativa do Brasil de 1988	Art. 23: Define ser competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios promover programas de saneamento básico;

	Art. 25, § 3º: Autoriza os Estados, mediante lei complementar, instituir regiões para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum; Art. 30, inciso V: Compete aos Municípios organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local que tem caráter essencial; Art. 37, inciso XXI: ressalvados os casos especificados na legislação, as obras, serviços, compras e alienações serão contratados mediante processo de licitação pública que assegure igualdade de condições a todos os concorrentes, com cláusulas que estabeleçam obrigações de pagamento, mantidas as condições efetivas da proposta, nos termos da lei, o qual somente permitirá as exigências de qualificação técnica e econômica indispensáveis à garantia do cumprimento das obrigações; Art. 145. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios poderão instituir os seguintes tributos: (...)II - taxas, em razão do exercício do poder de polícia ou pela utilização, efetiva ou potencial, de serviços públicos específicos e divisíveis, prestados ao contribuinte ou postos a sua disposição; III - contribuição de melhoria, decorrente de obras públicas. § 1º Sempre que possível, os impostos terão caráter pessoal e serão graduados segundo a capacidade econômica do contribuinte, facultado à administração tributária, especialmente para conferir efetividade a esses objetivos, identificar, respeitados os direitos individuais e nos termos da lei, o patrimônio, os rendimentos e as atividades econômicas do contribuinte. § 2º As taxas não poderão ter base de cálculo própria de impostos. Art. 146. Cabe à lei complementar: (...)III - estabelecer normas gerais em matéria de legislação tributária (...) Art. 182, § 1º: Dispõe que a política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público Municipal, conforme diretrizes gerais fixadas por lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes (art. 182) e obriga as cidades com mais de 20.000 habitantes a elaborarem o Plano Diretor; Art. 200: inciso IV: Define ser competência do Sistema Único de Saúde (SUS) participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico; e inciso VI fiscalizar e inspecionar bebidas e água para consumo humano; Art. 225: Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações; Art. 241: Preconiza que a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios disciplinarão por meio de lei os consórcios públicos e os convênios de cooperação entre os entes federados, autorizando a gestão associada de serviços públicos, bem como a transferência total ou parcial de

	encargos, serviços, pessoal e bens essenciais à continuidade dos serviços transferidos.
Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989	Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Regulamentado pelo Decreto n. 4.074, de 4 janeiro de 2002.
Lei n. 8.666, de 21 de junho de 1993	Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências.
Decreto n 875, de 19 de julho de 1993	Promulga o texto da Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito.
Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
Lei n. 9.782, de 26 de janeiro de 1999	Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências.
Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999	Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.
Lei n. 9974, de 6 de junho de 2000	Altera a Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.
Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001	Regulamenta os Arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Art. 2: estabelece que a política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais: Inciso II: gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano.
Decreto n. 4.074, de 4 de janeiro de 2002	Regulamenta a Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção

	e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.
Lei n. 11.107, de 06 de abril de 2005	Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências.
Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007	Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978.
Decreto n. 6.017, de 17 de janeiro de 2007	Regulamenta a Lei n. 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos.
Lei n. 12.187, de 29 de dezembro de 2009	Institui a Política Nacional sobre Mudanças Climáticas - PNMC e dá outras providências.
Lei n. 12.305, de 02 agosto de 2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
Lei n. 12.725, de 16 de outubro de 2012	Dispõe sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos. Art. 2, inciso V: Área de Segurança Aeroportuária (ASA): área circular do território de um ou mais municípios, definida a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo ou do aeródromo militar, com 20 km (vinte quilômetros) de raio, cujos uso e ocupação estão sujeitos a restrições especiais em função da natureza atrativa de fauna; Art. 2, inciso VI: atividade atrativa de fauna: vazadouros de resíduos sólidos e quaisquer outras atividades que sirvam de foco ou concorram para a atração relevante de fauna, no interior da ASA, comprometendo a segurança operacional da aviação.
Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020	Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, e altera a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.
Decreto Nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022	Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Revoga o regulamento anterior da PNRS (Decreto Federal nº 7.404/2010) e o Decreto Federal nº 9.177/2017 que trata sobre a isonomia na logística reversa, revoga o Decreto Federal nº 5.940/2006; Coleta Seletiva Solidária foi substituída pelo Programa Coleta Seletiva Cidadã. Altera o Decreto nº 7.404/201, há a necessidade de promover a separação de resíduos secos e orgânicos, de forma segregada dos rejeitos. Altera o Decreto nº 9.177/2017, as cooperativas e as associações de catadores de materiais recicláveis poderão integrar o sistema de logística reversa, desde que atendam aos requisitos da lei e se comprometam a destinar 100% dos materiais recebidos, inclusive aqueles que não tenham valor positivo de mercado. Cria o Programa Nacional de Logística Reversa.
Lei 9.974, de 6 de junho de 2000	Altera a Lei nº 7.802, de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, produção, embalagem e rotulagem, o transporte, armazenamento, comercialização, propaganda comercial, a utilização, importação, exportação,

	destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, controle, inspeção e fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

Fonte: Brasil, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), instituído pela Política Nacional de Meio Ambiente, cuja competência deliberativa é vinculada a diretrizes e normas técnicas, critérios e padrões relativos à proteção ambiental e ao uso dos recursos ambientais, legislou desde 1986 acerca de matérias distintas associadas a temática. A tabela a seguir sintetiza as preconizações de tal órgão sobre a temática de resíduos sólidos, objeto do presente documento.

Quadro 4 - Breve descritivo das principais deliberações do CONAMA no âmbito federal que direta e/ou indiretamente se relacionam com a gestão de resíduos sólidos.

NORMATIVO	DESCRITIVO
Resolução CONAMA n. 1, de 23 de janeiro de 1986	Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.
Resolução CONAMA n. 5, 5 de agosto de 1993	Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários.
Resolução CONAMA n. 23, de 12 dezembro de 1996	Dispõe sobre as definições e o tratamento a ser dado aos resíduos perigosos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basiléia sobre o controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos perigosos e seu Depósito.
Resolução CONAMA n. 228, de 20 de agosto de 1997	Dispõe sobre a importação, em caráter excepcional, de desperdícios e resíduos de acumuladores elétricos de chumbo.
Resolução CONAMA n. 237, de 19 de dezembro de 1997	Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.
Resolução CONAMA n. 264, de 26 de agosto de 1999	Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de coprocessamento de resíduos.
Resolução CONAMA n. 275, de 25 de abril de 2001	Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.
Resolução CONAMA n. 307, de 5 de julho de 2002	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
Resolução CONAMA n. 313, de 29 de outubro de 2002	Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.

Resolução CONAMA n. 316, de 29 de outubro de 2002	Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.
Resolução CONAMA n. 348, de 16 de agosto de 2004	Altera a Resolução CONAMA n. 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.
Resolução CONAMA n. 358, de 29 de abril de 2005	Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.
Resolução CONAMA n. 362, de 23 de junho de 2005	Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado
Resolução CONAMA n. 401, de 4 de novembro de 2008	Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências.
Resolução CONAMA n. 404, de 11 de novembro de 2008	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.
Resolução CONAMA n. 411, de 6 de maio de 2009	Dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria.
Resolução CONAMA n. 416, de 30 de setembro de 2009	Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências.
Resolução CONAMA n. 452, de 2 de julho de 2012	Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basiléia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito.
Resolução CONAMA n. 465, de 5 de dezembro de 2014	Dispõe sobre os requisitos e critérios técnicos mínimos necessários para o licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens de agrotóxicos e afins, vazias ou contendo resíduos.
Resolução CONAMA n. 469, de 29 de julho de 2015	Altera a Resolução CONAMA n. 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
Resolução CONAMA n. 474, de 6 de abril de 2016	Altera a Resolução n. 411, de 6 de maio de 2009, que dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria, e dá outras providências.
Resolução CONAMA n. 481, de 3 de outubro de 2017	Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências.
Resolução CONAMA n. 497, de	Altera a Resolução nº 411, de 6 de maio de 2009, que dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de

19 de agosto de 2020.	origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria.
Resolução CONAMA n. 499, de 06 de outubro de 2020.	Dispõe sobre o licenciamento da atividade de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer.

Fonte: CONAMA, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Analogamente ao CONAMA, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária tem assumido papel de orientar, definir regras e regular conduta dos diferentes agentes geradores de resíduos de serviços da saúde, à exemplo destaca-se a Resolução Anvisa RDC n. 306, de 7 de dezembro de 2004 (ANVISA, 2004) que especificamente dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços da saúde.

No que tange a normalização[1] insta salientar a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como o Foro Nacional de Normalização, reconhecido pela sociedade brasileira desde sua fundação, em 28 de setembro de 1940, cuja responsabilidade é a de elaborar as Normas Brasileiras (ABNT NBR), as quais permeiam a implementação de políticas públicas, desenvolvimento de mercados, defesa de consumidores e a segurança. Neste contexto, na tabela a seguir é apresentado de forma sucinta as principais normas relacionadas a temática de planejamento do manejo dos resíduos sólidos.

Quadro 5 - Breve descritivo das principais Normas da ABNT que direta e/ou indiretamente se relacionam com a gestão de resíduos sólidos.

NORMA	DESCRITIVO
ABNT NBR 10.157:1987	Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação – Procedimento.
ABNT NBR 8.419:1992 (Versão Corrigida:1996)	Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento.
ABNT NBR 12.235:1992	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos – Procedimento.
ABNT NBR 12.980:1993	Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos – Terminologia.

1 Normalização: segundo a ABNT Atividade que estabelece, em relação a problemas existentes ou potenciais, prescrições destinadas à utilização comum e repetitiva com vistas à obtenção do grau ótimo de ordem em um dado contexto

ABNT NBR 13.463:1995	Coleta de resíduos sólidos.
ABNT NBR 8.843:1996	Aeroportos - Gerenciamento de resíduos sólidos.
ABNT NBR 13.591:1996	Compostagem – Terminologia.
ABNT NBR 13.896:1997	Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.
ABNT NBR 13.968:1997	Embalagem rígida vazia de agrotóxico – Procedimentos de lavagem.
ABNT NBR 10.004:2004	Resíduos sólidos – Classificação.
ABNT NBR 10.007:2004	Amostragem de Resíduos Sólidos.
ABNT NBR 15.113:2004	Resíduos sólidos da Construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação.
ABNT NBR 15.114:2004	Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.
ABNT NBR 11.682:2009	Estabilidade de encostas.
ABNT NBR 15.849:2010	Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.
ABNT NBR 12.807:2013	Resíduos de serviços de saúde — Terminologia
ABNT NBR 12.809:2013	Resíduos de serviços de saúde — Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde intraestabelecimento
ABNT NBR 12.808:2016	Resíduos de serviços de saúde — Classificação
ABNT NBR 12.810:2020	Resíduos de serviços de saúde — Gerenciamento extraestabelecimento — Requisitos
ABNT NBR 16.849:2020	Resíduos sólidos urbanos para fins energéticos - Requisitos

Fonte: ABNT, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Ainda, cita-se alguns mecanismos que são decorrentes dos dispositivos legais e/ou iniciativas setoriais para atendimento da logística reversa de resíduos como pode ser visto na tabela a seguir.

Quadro 6 - Instrumentos de implementação e operacionalização do sistema de logística reversa.

CATEGORIA	OBJETO	DOCUMENTO
Acordo setorial	Implantação de sistema de logística reversa de embalagens plásticas usadas de lubrificantes.	- Assinado em 19/12/2012; - Extrato publicado no Diário Oficial da União (D.O.U) de 07/02/2013.

	Implementação do sistema de logística reversa de lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista.	- Assinado em 27/11/2014; - Extrato publicado no D.O.U de 12/03/2015.
	Implementação de sistemas de logística reversa de embalagens em geral	- Assinado em 25/11/2015; - Extrato publicado no D.O.U. de 27/11/2015;
	Implantação da Logística Reversa de Eletroeletrônicos	- Assinado em 31/10/2019; - Extrato publicado no D.O.U de 19/11/2019
Decreto n. 10.388 de 05 de Junho de 2020	Implantação da Logística Reversa de Medicamentos	
Regulamento	Institui, para fabricantes nacionais e importadores, os procedimentos relativos ao controle do recebimento e da destinação final de pilhas e baterias ou de produtos que as incorporem.	Instrução Normativa Ibama n. 8, de 30 de setembro de 2012.
	Procedimentos necessários ao cumprimento da Resolução CONAMA nº 416 de 2009, pelos fabricantes e importadores de pneus novos, sobre coleta e destinação final de pneus inservíveis.	Instrução Normativa Ibama n. 1, de 18 de março de 2010.
Iniciativas operantes na temática	Inpev – entidade que integra todos elos da cadeia que gerencia o sistema de destinação das embalagens de defensivos agrícolas pós consumo.	
	Reciclanip – realiza a coleta e destinação de pneus inservíveis.	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Âmbito Estadual

Em todo o território do Estado de São Paulo há legislações e normas que abrangem a proteção do ambiente, assim como, o seu uso sustentável, garantindo que a exploração econômica não cause danos irreversíveis para o

meio e para a população. No caso dos resíduos sólidos, para auxiliar os gestores nas tomadas de decisões com o seu manejo adequado, há inúmeras leis, normas e resoluções exclusivas, agindo como suporte para facilitar as ações de gerenciamento que envolvem toda a sua cadeia, sendo, a geração, o acondicionamento, o transporte, a disposição e a destinação final correta.

Quadro 7 - Legislações e normas estaduais de resíduos sólidos (Estado de São Paulo).

NORMATIVO	DESCRITIVO
Lei Estadual n° 997/76	Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente.
Decreto Estadual n° 8.468/76	Aprova o Regulamento da Lei n° 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente.
Lei nº 1.817, de 27 de outubro de 1978	Estabelece os objetivos e as diretrizes para o desenvolvimento industrial metropolitano e disciplina o zoneamento industrial, a localização, a classificação e o licenciamento de estabelecimentos industriais na Região Metropolitana da Grande São Paulo, e dá providências correlatas.
Decreto Estadual n° 14.806/80	Institui o Programa de Controle da Poluição Industrial, e dá outras providências.
Decreto Estadual n° 21.880/84	Altera o Programa de Controle da Poluição Industrial instituído pelo Decreto n° 14.806, de 4 de março de 1980, visando à ampliação de suas condições de aplicação e dá outras providências.
Decreto Estadual n° 24.932/86	Institui o Sistema Estadual do Meio Ambiente, cria a Secretaria de Estado do Meio Ambiente, e dá providências correlatas.
Lei Estadual n° 7.663/91	Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Lei Estadual n° 7.750/92	Dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento, e dá outras providências.
Lei Estadual n° 8.999/94	Proíbe a utilização de embalagem descartáveis espumadas, nas condições que especifica, e dá outras providências.
Lei Estadual n° 9.034/94	Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que instituiu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos.
Lei Estadual n° 9.509/97	Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação (SEAQUA).
Decreto Estadual n° 47.400/02	Regulamenta dispositivos da Lei Estadual n° 9.509, de 20 de março de 1997, referentes ao licenciamento ambiental, estabelece prazos de validade para cada modalidade de licenciamento ambiental e condições para sua renovação, estabelece prazo de análise dos requerimentos e licenciamento ambiental, institui procedimento

	obrigatório de notificação de suspensão ou encerramento de atividade, e o recolhimento de valor referente ao preço de análise.
Resolução SMA 41/02	Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental de aterros de resíduos inertes e da construção civil no Estado de São Paulo
Decreto Estadual n° 48.523/04	Introduz alterações no Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 e suas alterações posteriores, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente e dá providências correlatas.
Lei nº 12.300/2006	Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes
Resolução SMA 56/06	Estabelece a gradação de impacto ambiental para fins de cobrança de compensação ambiental decorrente do licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental.

Fonte: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo – SMA/SIMA, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Âmbito Municipal

Quanto à Legislação Municipal, Paraibuna possuí diversas legislações atuais referentes ao manejo e gestão dos resíduos sólidos, fato que pode contribuir para adoção e fiscalização de metas e objetivos acerca dessa temática.

As legislações municipais aplicadas à temática dos resíduos sólidos em Paraibuna são apresentadas no Quadro abaixo.

Quadro 8 - Legislação Municipal de Paraibuna aplicável à temática de resíduos sólidos.

NORMATIVO	DESCRITIVO
Lei nº 1.941, de 19 de novembro de 1998.	Dispões sobre os atos lesivos à limpeza pública e dá outras providências.
Lei nº 2.106, de 27 de abril de 2001.	Autoriza o Poder Executivo Municipal a celebrar convênio com o Estado de São Paulo, por meio de sua Secretaria de Estado do Meio Ambiente, conforme autorização concedida no Decreto Estadual nº 45.001, de 27 de junho de 2000.
Lei nº 2.241, de 15 de março de 2004.	Estabelece atribuição e competência do poder executivo de Paraibuna para o desenvolvimento das ações de vigilância sanitária, de acordo com a legislações federal e estadual concernentes às ações de vigilância e fiscalização sanitária exercidas na remoção, proteção e recuperação as saúde e preservação do meio ambiente, e dá outras providências.
Emenda à Lei Orgânica nº 1, de 28 de dezembro de 2010.	Revisão e atualização consolidada da lei orgânica do município de Paraibuna, de acordo com as constituições, federal e estadual e legislação infraconstitucional, e dá outras providências.

Lei nº 2.831, de 12 de novembro de 2013.	Institui o plano municipal de saneamento básico destinado à execução dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais na Sede do Município e Distritos.
Lei nº 3.127, de 31 de julho de 2018.	Dispõe sobre a organização dos servidores públicos do quadro de pessoal da Prefeitura Municipal de Paraibuna e o plano de cargos, carreira e vencimento e dá outras providências.
Lei Complementar nº 89, de 16 de dezembro de 2021.	Institui no âmbito do Município de Paraibuna/SP, a Tarifa de Manejo de Resíduos Sólidos - TMRS, e dá outras providências.
Lei nº 3.280, de 15 de março de 2021.	Autoriza a criação do banco municipal de materiais de construção e dá outras providências.
Lei nº 3.297, de 16 de abril de 2021.	Autoriza o Chefe do Poder Executivo Municipal a firmar convênio de cooperação com a Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí - ARES-PCJ.
Lei nº 3.488, de 26 de maio de 2023.	Fica instituído no Município de Paraibuna, o Cadastro Técnico Ambiental de Atividades potencialmente poluidoras ou utilizadoras de recursos ambientais - CTAA, a Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental - TCFA, previstos na Lei Federal Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, na Lei Estadual nº 14.626, de 29 de novembro de 2011, em consonância com a Lei Complementar Federal nº 140, de 08 de dezembro de 2011, e dá outras providências.
Lei nº 3.492, de 30 de maio de 2023.	Cria o Conselho Municipal de Meio Ambiente, revogando-se a lei municipal nº 2.973, de 15 de outubro de 2015, e determina outras providências.
Lei nº 3.493, de 19 de junho de 2023.	Dispõe sobre os procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades de impacto local e que serão objeto de licenciamento e fiscalização ambiental.
Lei nº 3.524, de 16 de novembro de 2023.	Aprova o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS e dá outras providências.
Lei nº 3.532, de 20 de março de 2024.	Dispõe sobre o exercício do poder de polícia ambiental do Consórcio Público Agência Ambiental do Vale do Paraíba, institui a multa por infração administrativa ambiental e dá outras providências.

Fonte: PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAIBUNA, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.3.2. Composição Gravimétrica

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, por meio do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020, apresentou dados inéditos sobre a composição gravimetria dos resíduos sólidos urbanos no país.

A composição gravimétrica dos resíduos sólidos divide os tipos de resíduos por categorias, sendo considerada um procedimento fundamental para consolidação de um efetivo sistema de gerenciamento integrado desses

materiais, por meio da setorização de estratégias, políticas públicas e processos específicos que busquem a correta e adequada destinação ambiental dos materiais descartados pela população, atendendo às demandas da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (ABRELPE, 2020).

O valor da gravimetria nacional foi encontrado pela média ponderada das gerações totais de RSU por faixa de renda de todos os 186 municípios analisados, também levando em conta dados de geração per capita e população.

Sendo assim, a Tabela 33 mostra a composição gravimétrica nacional dos resíduos sólidos urbanos, por categorias.

Tabela 33 – Gravimetria Nacional dos RSU.

Descrição	%
Matéria orgânica	45,3
Têxteis, couros e borrachas	5,6
Metais	2,3
Vidro	2,7
Plásticos	16,8
Papel e papelão	10,4
Embalagens multicamadas	1,4
Rejeitos	14,1
Outros	1,4

Fonte: ABRELPE, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Ressalta-se que para a tabela acima, os materiais que compõem a classificação “outros” são: resíduos de saúde, eletroeletrônicos, pilhas e baterias, resíduos perigosos, resíduos da construção civil, pneus, óleos e graxas, embalagens de agrotóxicos e outros resíduos perigosos, ou seja, resíduos que não deveriam estar no fluxo dos resíduos sólidos urbanos, mas sim serem objetos de logística reversa.

A Tabela 34 mostra a composição típica dos RSU, divididos em matéria orgânica, materiais recicláveis, diversos e rejeitos. Os materiais classificados como “Diversos” englobam os da categoria “Outros”, somados aos “Têxteis, couros e borrachas” (tabela anterior).

Tabela 34 – Composição Gravimétrica Típica Nacional dos RSU.

Descrição	%
Matéria orgânica	45,3
Materiais recicláveis	33,6
Diversos	7
Rejeitos	14,1

Fonte: ABRELPE, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.3.3. Limpeza Pública

A limpeza pública é caracterizada pela composição dos serviços de varrição, capina, roçagem, poda, corte de árvores e limpeza de bocas de lobo e galerias pluviais. Este conjunto de serviços tem crescido consideravelmente nos últimos anos no país, principalmente pela implantação da PNRS.

Sendo assim, o Quadro 9 traz a definição e os tipos de serviço de limpeza pública presente nos municípios brasileiros.

Quadro 9 - Definição e tipos de serviços que caracterizam a limpeza pública.

SERVIÇO	DEFINIÇÃO	FORMAS DE EXECUÇÃO
Varrição	A varrição pode ser considerada como uma das principais atividades de limpeza pública. Ela se estende para todos os tipos de vias públicas, como vias pavimentadas ou não, calçadas, praças, túneis, sarjetas, escadarias e qualquer outro tipo de logradouros públicos em geral.	A varrição pode ser realizada de forma manual ou mecanizada. No Brasil, a varrição manual é realizada por garis, podendo ser de empresas privadas contratadas para a execução dos serviços ou, da própria Prefeitura.
Roçagem	Conjunto de procedimentos concernentes ao corte, manual ou mecanizado, da cobertura vegetal herbácea considerada prejudicial e que se desenvolve em vias e logradouros públicos, bem como em áreas não edificadas, públicas ou privadas, abrangendo a coleta dos resíduos resultantes.	A roçada pode ser realizada de forma manual ou mecanizada. Na forma mecanizada são utilizadas roçadeiras e na forma manual, são utilizadas enxadas ou enxadinhas.

Capina	Executada antes da roçada, a capina também consiste em um conjunto de procedimentos concernentes ao corte, manual ou mecanizado, ou à supressão por agentes químicos da cobertura vegetal rasteira, considerada prejudicial e que se desenvolve em vias públicas, bem como em áreas não edificadas, públicas ou privadas, abrangendo, eventualmente, a remoção de suas raízes e incluindo a coleta dos resíduos resultantes.	A capina é realizada de forma manual, utilizando enxada ou enxadinha, e quando autorizado, utiliza-se produtos químicos.
Poda	Utilizada no paisagismo urbano para retirar folhas, ramos e galhos, com o objetivo de modificar a sua aparência e estética, para que os galhos cresçam de forma ordenada, evitando a danificação da rede elétrica ou a queda de galhos podres.	Geralmente executada de forma mecânica, com o auxílio de motosserras.
Limpeza das bocas de lobo e valas de drenagem	Conjunto de procedimentos para retirar os resíduos das galerias pluviais e redes de drenagem urbana, evitando desta forma as enchentes e acúmulo de resíduos nos rios e córregos.	A limpeza das bocas-de-lobo e valas de drenagem são realizadas de forma manual com pás, porém, quando há a presença de resíduos mais pesados, utiliza-se tratores ou caminhões Munck.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Para os serviços que caracterizam a limpeza pública descritos no Quadro 9, no Município de Paraibuna, o Departamento Municipal de Serviços Municipais, atrelado à Prefeitura Municipal, é o responsável pelo gerenciamento destes serviços.

De acordo com o PMGIRS de Paraibuna, elaborado em 2022, os serviços de varrição no município eram operados por 6 agentes, de forma que a própria Prefeitura Municipal disponibiliza os materiais de proteção, e em alguns casos, era realizado em conjunto com a equipe de poda.

Entretanto, foi emitido no ano de 2023, licitação objetivando a contratação de empresa especializada em coleta de resíduos sólidos, englobando também os serviços de transporte e destinação final dos resíduos em aterro sanitário, locação de caçambas estacionárias, a varrição manual de vias e varrição manual de praças e feiras livres.

Esses serviços foram especificados, abrangendo a varrição manual em cerca de 61 km de vias e logradouros públicos semanais, além de 7.414 m² em áreas como praças e feiras livres, conforme apresentado nas tabelas a seguir.

Tabela 35 - Descrição dos serviços de varrição manual em vias e logradouros públicos de Paraibuna – Setor A.

SETOR	LOCALIDADE	PERIODICIDADE	EXTENSÃO
A	Bairro Bela Vista, "Bairro Cuba"	2X POR SEMANA	5,6 km
	Avenida São José dos Campos		3,6 km
	Vila Modesto		1,2 km
	Cruzeiro		945,5 m
	Rua Cel Martins		170,4 m
	Extensão Total		**10,1 km**
	Estimativa semanal de 20,2 km		

Fonte: PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAIBUNA. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 36 - Descrição dos serviços de varrição manual em vias e logradouros públicos de Paraibuna - Setor B.

SETOR	LOCALIDADE	PERIODICIDADE	EXTENSÃO
B	São Guido	2X POR SEMANA	5 km
	Rua Joaquim Alves de Oliveira		380,62 m
	Rua Padre Américo		961,02 m
	Rua Drº Zélio Machado Santiago		593,32 m
	Extensão Total		**6,9 km**
	Estimativa semanal de 13,8 km		

Fonte: PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAIBUNA. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 37 - Descrição dos serviços de varrição manual em vias e logradouros públicos de Paraibuna – Setor C.

SETOR	LOCALIDADE	PERIODICIDADE	EXTENSÃO
C	Avenida Drº Lincoln Feliciano da Silva (Rua da Delegacia)	2X POR SEMANA	603,46 m
	Rua José Elias Cantinho		248,7 m
	Rua Mara de Lurdes - “Casa Abrigo”		141,16 m
	Avenida João Elias Calazans		1,2 km
	Rua Telmo Arnaut (Bosque)		916,84 m
	Avenida Coronel Nabor Nogueira Santos (Rua da irmã Zoé)		705,86 m
	Rua Major Soares		746,36 m
	Travessa Irmã Le Conte		137,46 m
	Avenida Benedito Nogueira Santos		1,2 km
	Extensão Total		**5,5 km**
	Estimativa semanal de 11 km		

Fonte: PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAIBUNA. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 38 - Descrição dos serviços de varrição manual em vias e logradouros públicos de Paraibuna – Setor D.

SETOR	LOCALIDADE	PERIODICIDADE	EXTENSÃO
D	Rua Nossa Senhora de Lourdes	2X POR SEMANA	617,08 m
	Rua Manoel P. Souza Abouca		146,92 m
	Rua Dr. João Batista Brasiliano		241,98 m
	Rua Dr. Felipe de Melo		215,08 m
	Ladeira Profº José de Assis Tolosa		134,44 m
	Travessa Humaitá		17,56 m
	Rua Coronel Francisco Tobias das Neves		724,60 m
	Rua Visconde de Paraibuna		270,32 m
	Rua Jacareí		384,9 m
	Rua Min. Juvenal Malheiros		129,06 m
	Rua Benedito Antunes David Primo		210,90 m
	Rua Maria Antonia		150,92 m
	Rua Sgto Luis Roberto Lopes		123,18 m
	Extensão Total		**3,4 km**
	Estimativa semanal de 6,8 km		

Fonte: PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAIBUNA. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 39 - Descrição dos serviços de varrição manual em vias e logradouros públicos de Paraibuna – Setor E.

SETOR	LOCALIDADE	PERIODICIDADE	EXTENSÃO
E	Rua 10 de Julho	2X POR SEMANA	615,32 m
	Rua Humaitá		237,54 m
	Rua Coronel Marcelino		456,84 m
	Rua Pe. Antonio P. do Prado		234,62 m
	Rua Dr. João Fonseca		216,32 m
	Rua da Palha		92,2 m
	Rua Capitão Porfírio		165,44 m
	Rua Oscar Thompson		236,26 m
	Rua Coronel Camargo		373,54 m
	Lad. Flávio Antônio Andrade		214,42 m
	Rua Major Ubatubano (Rua do Banco do Brasil)		363,22 m
	Travessa Isidro		196,24 m
	Ladeira prof. Ortiz Monteiro		145,36 m
	Ladeira Maestro Poca		45 m
	Avenida Dr. Carlos Guimarães		1 km
	Extensão Total		**4,6 km**
	Estimativa semanal de 9,2 km		

Fonte: PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAIBUNA. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 40 - Descrição dos serviços de varrição manual de Praças e Feiras Livres em Paraibuna.

	LOCALIDADE	PERIODICIDADE	ÁREA
PRAÇAS	Praça Monsenhor Ernesto Almiro Arantes	2X SEMANA	648,78 m²
	Praça Manoel Antonio de Carvalho		1.595,73 m²
	Praça da Bica	1X SEMANA	106,32 m²
	Praça Antonio N. Santos (Fonte Luminosa)		306,71 m²
	Praça Irmã Timerline - "Eu amo Paraibuna"		196,75 m²
	Praça Canuto do Val		192,7 m²
	Praça Major Marcelino Amâncio de Moura		-
	Praça Pedro P. de Souza		161,91 m²
FEIRA	Praça Manoel Antonio de Carvalho	1X SEMANA	1.823,77 m²
TOTAL = 5.590,12 m²			

Fonte: PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAIBUNA. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Ademais, a equipe de varrição deverá ser composta por 12 varredores e 1 encarregado das operações, com o transporte de responsabilidade da empresa contratada. Em relação aos equipamentos utilizados para prestação do serviço, deverão ser dispostos para os trabalhadores:

- Vassoura Gari – Conforme norma técnica;
- Pá;
- Carrinho de lixo “Lutocar”;
- Vassoura Rastelo;
- Saco de Lixo
- Outros materiais necessários para a boa realização do serviço.

Além destes, os servidores também irão dispor de uniforme e equipamentos de proteção individual (EPI), como luvas de proteção, coletes reflexivos, óculos de proteção, protetores auriculares e protetores solares. Na Figura 55 é mostrado a execução do serviço de varrição em via pública de Paraibuna.

Figura 55 - Execução do serviço de varrição em via pública de Paraibuna.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Estes resíduos, após o acondicionamento, são recolhidos e destinados ao Aterro Sanitário utilizado para disposição final ambientalmente adequada pelo Município de Paraibuna, diferentemente dos resíduos verdes oriundos dos processos de capina, poda e roçagem, onde os mesmos são armazenados em local de responsabilidade da Prefeitura Municipal.

Na Figura 56 é apresentado um modelo de carrinho de lixo “Lutocar”, registrado durante visita técnica e utilizado para os serviços de varrição em Paraibuna. Já na Figura 57 é demonstrado um local do município com boa execução dos serviços de limpeza pública, sendo neste caso um registro da Praça Monsenhor Ernesto Almiro Arantes, localizado na região central de Paraibuna.

Figura 56 - Carrinho "Lutocar" utilizado para limpeza pública em Paraibuna.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 57 - Local com boa execução dos serviços de limpeza pública - Praça Monsenhor Ernesto Almiro Arantes.

Fonte: *Google Earth.*

2.3.4. Resíduos Domiciliares e Orgânicos

Os Resíduos Domiciliares (RDO), são aqueles originados em residências, incluindo casas, apartamentos, condomínios e outras edificações habitacionais, resultantes de atividades domésticas, além dos gerados em estabelecimentos comerciais. Em resumo, esses resíduos consistem de matéria orgânica (como restos de alimentos), materiais recicláveis (como papel, papelão, plásticos, metais, vidro e embalagens longa vida), além de rejeitos, que incluem itens como

papel engordurado, papel higiênico, absorventes, fraldas descartáveis e cotonetes.

Para a execução dos serviços de coleta e transporte dos resíduos domiciliares, segundo apresentado no PMGIRS do Município de Paraibuna, elaborado em 2022, a coleta era realizada pela própria Prefeitura Municipal, que cobria todo o território urbano do município, incluindo áreas de habitação de interesse social e locais com populações em estado de vulnerabilidade (PMGIRS, 2022).

O sistema de coleta e o roteiro dos bairros é determinado pela Prefeitura Municipal. A frequência de atendimento diário dos serviços de coleta, segundo dados do SNIS para o ano de 2020, abrange aproximadamente 1% da população, enquanto 94% são atendidos com coletas realizadas de 2 a 3 vezes por semana, e o restante conta com apenas uma coleta semanal (PMGIRS, 2022).

Conforme mencionado anteriormente, a licitação lançada em 2023 para contratação de empresa especializada no manejo de resíduos sólidos engloba também a coleta e transporte dos resíduos sólidos domiciliares e públicos (RDO + RPU), e de acordo com o roteiro operacional estabelecido, que compreende as áreas urbanas e rurais, a ação é executada por três caminhões coletores nos seguintes bairros:

Tabela 41 - Roteiro semanal do Caminhão 1.

SEGUNDA - FEIRA
Avenida Beira Rio; Avenida Benedito Nogueira Santos; Avenida Coronel Nabor Nogueira Santos; Avenida Dr. Carlos Guimarães (Beira Rio); Avenida Major João Elias Calazans; Avenida São José; Condomínio Renato Bertoni; Cruzeiro; Ladeira Francisco Garcia da Fonseca; Ladeira Professor Ortiz Monteiro; Praça do Mercado; Praça Major Marcelino Amâncio de Moura; Praça Manoel Antônio de Carvalho (Largo do Mercado); Praça Monsenhor Ernesto Almiro Arantes (Matriz); Rua 10 de Julho (Rua Nova); Rua Coronel Francisco Tobias das Neves (Monsenhor Dutra); Rua Coronel Martins; Rua Coronel Camargo; Rua Dr. Lincoln Feliciano da Silva; Rua Dr. Felipe de Melo; Rua Dr. Oscar Thompson; Rua Humaitá; Rua Jacareí; Rua Major Soares; Rua Major Ubatubano; Rua Maria Antônia; Rua Padre Antônio Pires do Prado (Rua da Bica); Rua Sebastião Barreto da Silva (bares com frente à Rodovia dos Tamoios - CASTELINHO); Rua Taubaté; Rua Telmo Arnault de Carvalho; Rua Visconde de Paraibuna; Vila Machado (km 28,5 da Rodovia dos Tamoios - Toda quarta); Vila Modesto; Rodovia dos Tamoios – Barraca Verde (sentido Volta).
APROXIMADAMENTE 90KM
TERÇA - FEIRA
Bairro do Alferes Bento; Bairro do Bragança; Campo Redondo; Chorarão ; Colinas; Bairro da Fartura (loteamento Roberto Camargo); Bairro Goiabeira; Bairro Itapeva (área rural); Bairro São Damião; Bairro Santa Edwiges; Bairro São Germano; Bairro Teles I (Vila dos Pássaros); Bairro Teles II; Coleta de resíduos “Pamonha Sertaneja”; Coleta de resíduos do Condomínio “Quinta dos Lagos”; Coleta de resíduos do restaurante Bela Vista e lanchonete Ovomaltine; Coleta de resíduos do restaurante Fazenda da Comadre.
APROXIMADAMENTE 160KM
QUARTA - FEIRA
Avenida Beira Rio; Avenida Benedito Nogueira Santos; Avenida Coronel Nabor Nogueira Santos; Avenida Dr. Carlos Guimarães (Beira Rio); Avenida Major João Elias Calazans; Avenida São José; Condomínio Renato Bertoni; Cruzeiro; Ladeira Francisco Garcia da Fonseca; Ladeira Professor Ortiz Monteiro; Praça do Mercado; Praça Major Marcelino Amâncio de Moura; Praça Manoel Antônio de Carvalho (Largo do Mercado); Praça Monsenhor Ernesto Almiro Arantes (Matriz); Rua 10 de Julho (Rua Nova); Rua Coronel Francisco Tobias das Neves (Monsenhor Dutra); Rua Coronel Martins; Rua Coronel Camargo; Rua Dr. Lincoln Feliciano da Silva; Rua Dr.Felipe de Melo; Rua Dr. Oscar Thompson; Rua Humaitá; Rua Jacareí; Rua Major Soares; Rua Major Ubatubano; Rua Maria Antônia; Rua Padre Antônio Pires do Prado (Rua da Bica);Rua Sebastião Barreto da Silva (bares com frente à Rodovia dos Tamoios - CASTELINHO); Rua Taubaté; Rua Telmo Arnault de Carvalho; Rua Visconde de Paraibuna; VilaMachado (km 28,5 da Rodovia dos Tamoios - Toda quarta); Vila Modesto; Rodovia dos Tamoios – Barraca Verde (sentido Volta).
APROXIMADAMENTE 90KM
QUINTA - FEIRA
Bairro do Alferes Bento; Bairro do Bragança; Campo Redondo; Chorarão; Colinas; Bairro da Fartura (loteamento Roberto Camargo); Bairro Goiabeira; Bairro Itapeva (área rural); Bairro São Damião; Bairro Santa Edwiges; Bairro São Germano; Bairro São Germano; Bairro Teles I (Vila dos Pássaros); Bairro Teles II; Coleta de resíduos “Pamonha Sertaneja”; Coleta de resíduos do Condomínio “Quinta dos Lagos”; Coleta de resíduos do restaurante Bela Vista e lanchonete Ovomaltine; Coleta de resíduos do restaurante Fazenda da Comadre.
APROXIMADAMENTE 169KM
SEXTA - FEIRA

Avenida Beira Rio; Avenida Benedito Nogueira Santos; Avenida Coronel Nabor Nogueira Santos; Avenida Dr. Carlos Guimarães (Beira Rio); Avenida Major João Elias Calazans; Avenida São José; Condomínio Renato Bertoni; Cruzeiro; Ladeira Francisco Garcia da Fonseca; Ladeira Professor Ortiz Monteiro; Praça do Mercado; Praça Major Marcelino Amâncio de Moura; Praça Manoel Antônio de Carvalho (Largo do Mercado); Praça Monsenhor Ernesto Almiro Arantes (Matriz); Rua 10 de Julho (Rua Nova); Rua Coronel Francisco Tobias das Neves (Monsenhor Dutra); Rua Coronel Martins; Rua Coronel Camargo; Rua Dr. Lincoln Feliciano da Silva; Rua Dr. Felipe de Melo; Rua Dr. Oscar Thompson; Rua Humaitá; Rua Jacareí; Rua Major Soares; Rua Major Ubatubano; Rua Maria Antônia; Rua Padre Antônio Pires do Prado (Rua da Bica); Rua Sebastião Barreto da Silva (bares com frente à Rodovia dos Tamoios - CASTELINHO); Rua Taubaté; Rua Telmo Arnault de Carvalho; Rua Visconde de Paraibuna; Vila Machado (km 28,5 da Rodovia dos Tamoios; Vila Modesto; Rodovia dos Tamoios – Barraca Verde (sentido Volta).
APROXIMADAMENTE 90KM
SÁBADO
Bairro do Alferes Bento; Bairro do Bragança; Campo Redondo; Chorarão; Colinas; Bairro da Fartura (loteamento Roberto Camargo); Bairro Goiabeira; Bairro Itapeva (área rural); Bairro São Damião; Bairro Santa Edwiges; Bairro São Germano; Bairro Teles I (Vila dos Pássaros); Bairro Teles II; Coleta de resíduos “Pamonha Sertaneja”; Coleta de resíduos do Condomínio “Quinta dos Lagos”; Coleta de resíduos do restaurante Bela Vista e lanchonete Ovomaltine; Coleta de resíduos do restaurante Fazenda da Comadre.
APROXIMADAMENTE 132KM
TOTALIZANDO APROXIMADAMENTE 731KM SEMANAIS

Fonte: PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAIBUNA, 2023.

Tabela 42 - Roteiro semanal do Caminhão 2.

SEGUNDA - FEIRA
Alto da Boa Vista; Bairro Bela Vista; Bairro do Ilhéus; Bela Vista II – “Chácaras do Dinho”; Estrada do Primavera (todas as quartas); Jardim Primavera; São Guido; Vila Camargo; Vila de Fátima; Bairro Laranjeiras; Bairro Morro Azul (todas as quartas); Caracol II.
APROXIMADAMENTE 112KM
TERÇA - FEIRA
Condomínio Quinta dos Lagos; Rodovia dos Tamoios Km 45; Rodovia dos Tamoios Km 41 lixeiras; Bairro da Vargem Grande; Bairro do Cedro (núcleo) e lixeira Sta. Anastácia; Bairro Rio Negro (Rodovia dos Tamoios Km 66; Rodovia dos Tamoios Km 46; Rodovia dos Tamoios Km 63; Bairro do Rio Pardo; Bairro do Macaco; Bairro do Comercio; Bairro do Rio Claro; Vargem Grande; Vila Amélia; Coleta de resíduos do Restaurante Barraca Verde; Coleta de resíduos do Restaurante Neblina; Coleta de resíduos do Restaurante Fazendão; Coleta de resíduos do Condomínio Village Parahybuna.
APROXIMADAMENTE 172KM
QUARTA - FEIRA
Alto da Boa Vista; Bairro Bela Vista; Bairro do Ilhéus; Bela Vista II – “Chácaras do Dinho”; Estrada do Primavera (todas as quartas); Jardim Primavera; São Guido; Vila Camargo; Vila de Fátima; Bairro Laranjeiras; Bairro Morro Azul (todas as quartas); Caracol II.
APROXIMADAMENTE 122KM
QUINTA - FEIRA

Condomínio Quinta dos Lagos; Rodovia dos Tamoios Km 45; Rodovia dos Tamoios Km 41 lixeiras; Bairro da Vargem Grande; Bairro do Cedro (núcleo) e lixeira Sta. Anastácia; Bairro Rio Negro (Rodovia dos Tamoios Km 66; Rodovia dos Tamoios Km 46; Rodovia dos Tamoios Km 63; Bairro do Rio Pardo; Bairro do Macaco; Bairro do Comercio; Bairro do Rio Claro; Vargem Grande; Vila Amélia; Coleta de resíduos do Restaurante Barraca Verde; Coleta de resíduos do Restaurante Neblina; Coleta de resíduos do Restaurante Fazendão; Coleta de resíduos do Condomínio Village Parahybuna.
APROXIMADAMENTE 172KM
SEXTA - FEIRA
Alto da Boa Vista; Bairro Bela Vista; Bairro do Ilhéus; Bela Vista II – “Chácaras do Dinho”; Estrada do Primavera (todas as quartas); Jardim Primavera; São Guido; Vila Camargo; Vila de Fátima; Bairro Laranjeiras; Bairro Morro Azul (todas as quartas); Caracol II.
APROXIMADAMENTE 112KM
TOTALIZANDO APROXIMADAMENTE 690 KM SEMANAIS

Fonte: PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAIBUNA, 2023.

Tabela 43 – Roteiro semanal do Caminhão 3.

SEGUNDA - FEIRA
Bairro Capitão Maneco (toda segunda); Bairro do Espírito Santo; Bairro da Fartura / São Geraldo; Bairro da Grama; Bairro do Ilhéus; Bairro do Lajeado; Bairro do Porto; Bairro do Varjão; Bairro Pinhal do Lajeado (segunda); Bairro Pinheirinhos; Estrada secundária do bairro do Varjão/ Espírito Santo (toda segunda).
APROXIMADAMENTE 165KM
QUARTA - FEIRA
Abacaxizeiro; Alegre; Mondel; Moraes I; Moraes II ; Pimentas (SP 88 km 10 Paraibuna/ Salesópolis; Pinhalzinho (SP 88 km 107 Paraibuna/ Salesópolis); Capim d’ Angola / Estrada da Balsa / Ivan Barreto; Capim d’ Angola – Cedro; Epel; Estrada da Pousada Santo Anastácio km 126; Gilbraltar; Remedinho do Prazer estrada secundária ; Remedinho do Prazer núcleo; Rios dos Couros; Rodovia Tamoios km 35.
APROXIMADAMENTE 190KM

SEXTA - FEIRA
Bairro Capitão Maneco (toda segunda); Bairro do Espírito Santo; Bairro da Fartura / São Geraldo; Bairro da Grama; Bairro do Ilhéus; Bairro do Lajeado; Bairro do Porto; Bairro do Varjão; Bairro Pinhal do Lajeado (segunda); Bairro Pinheirinhos; Estrada secundária do bairro do Varjão/ Espírito Santo (toda segunda).
APROXIMADAMENTE 150KM
TOTALIZANDO APROXIMADAMENTE 505 KM SEMANAIS

Fonte: PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAIBUNA, 2023.

Os serviços, executados de segunda a sábado, terão início na sede do Departamento de Serviços Municipais, localizada na Av. Benedito Nogueira Santos, nº 17, no Centro de Paraibuna/SP, e seguirão até o Aterro Sanitário, situado na Estrada Municipal Olavo Vieira, Km 4, s/n, na Zona Rural, bairro

Capivari/Varadouro em Jambeiro – SP, cobrindo aproximadamente 1.926 km a cada semana.

Em relação aos resíduos orgânicos, os mesmos, quando estiverem dispostos de forma separada nas vias, ou espalhadas por algum inconveniente como animais ou catadores autônomos ou fora dos recipientes designados por alguma eventualidade, deverão ser varridos, juntados e recolhidos pelos coletores.

De acordo com o PMGIRS elaborado no ano de 2022, em Paraibuna não há um tratamento para resíduos orgânicos domiciliares, onde os mesmos são direcionados para o aterro sanitário. Já os resíduos de podas, capina e roçadas são direcionados para local específico de responsabilidade da Prefeitura Municipal, juntamente com resíduos da construção civil e entulhos, conforme apresentado na Figura 58.

Vale ressaltar que o município já possui contrato com a empresa UTGR Jambeiro Aterro Sanitário, especializada no tratamento e destinação final dos resíduos sólidos, após a coleta e transporte. Na Figura 59 é mostrado o tipo de caminhão utilizado para a coleta convencional em Paraibuna.

Figura 58 - Local de disposição de RCC e resíduos verdes.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 59 - Caminhão compactador utilizado para a coleta dos RDO em Paraibuna.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.3.5. Resíduos Recicláveis

A reciclagem é um conjunto de técnicas de reaproveitamento de materiais descartados, reintroduzindo-os no ciclo produtivo. É uma das alternativas de tratamento de resíduos sólidos mais vantajosas, tanto do ponto de vista ambiental, quanto social e econômico, reduzindo o consumo de recursos naturais, economizando energia e água, diminuindo o volume gerado de resíduos sólidos e promovendo emprego à população (FRANCESCHET; ROSA, 2015).

A coleta seletiva é definida como o conjunto de procedimentos referentes ao recolhimento de resíduos recicláveis e/ou de resíduos orgânicos compostáveis, que tenham sido previamente separados na fonte geradora, dos resíduos orgânicos e rejeitos. Essas separações buscam evitar a contaminação dos materiais reaproveitáveis e aumentar o valor agregado (CEMPRE, 2018).

Silva e Capanema (2019) consideram a participação popular extremamente importante para a gestão de resíduos. Entretanto, de acordo com pesquisa elaborada pela Ibope Inteligência, a população brasileira de maneira geral carece de informações sobre coleta seletiva e quais os tipos de materiais que podem ser reciclados, fato que salienta a importância do papel do Poder Público na divulgação dessas informações, de maneira eficiente.

De acordo com a Abrelpe (2021), no ano de 2019, as associações e cooperativas vinculadas à entidade coletaram e venderam cerca de 354 mil toneladas de materiais recicláveis. Com destaque para as categorias de papel, plástico e vidro, seguidos de outros metais, outros materiais e alumínio. Gerando cerca de R$30.000,00 de faturamento por mês.

No Município de Paraibuna, de acordo com o PMGIRS elaborado no ano de 2022, além de informações repassadas durante visita técnica, não há um programa instituído de coleta seletiva de materiais recicláveis, de forma que a Prefeitura possui um caminhão gaiola para execução destes serviços, porém o mesmo não é efetuado.

A ausência de associações ou cooperativas dedicadas à coleta de materiais recicláveis no município faz com que esse serviço seja realizado por catadores informais.

Nessa dinâmica, os próprios moradores dos bairros assumem a responsabilidade pelo armazenamento dos recicláveis e pelo agendamento de datas e horários para a coleta. Na Figura 60 é ilustrado um ponto de armazenamento de recicláveis e orgânicos no Bairro Fartura, que funciona de maneira análoga a um Ecoponto, onde posteriormente serão recolhidos pelos catadores informais.

Figura 60 - Armazenamento dos resíduos recicláveis no Bairro Fartura.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.3.6. Resíduos com Logística Reversa Obrigatória

A logística reversa busca implementar o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos na etapa do pós-consumo, retornando-os a um novo ciclo de reaproveitamento (ABRELPE, 2021).

E conforme embasamento legal, produtos e embalagens que possam e/ou causem prejuízo à saúde pública, também são incorporados ao sistema logístico reverso (SINIR, 2023).

O Artigo 3° da Política Nacional dos Resíduos Sólidos define a logística reversa da seguinte forma:

> ...Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (PNRS, 2010).

Os resíduos sólidos com logística reversa obrigatória (RLO) são:

- Baterias automotivas;
- Eletroeletrônicos;
- Embalagens de agrotóxicos;
- Embalagens plásticas de óleos lubrificantes;
- Embalagens em geral;
- Filtros usados de óleo lubrificante automotivo;
- Lâmpadas;
- Medicamentos;
- Óleo comestível;
- Óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC);
- Pilhas e baterias;
- Pneus inservíveis (FERCOMERCIOSP, 2023).

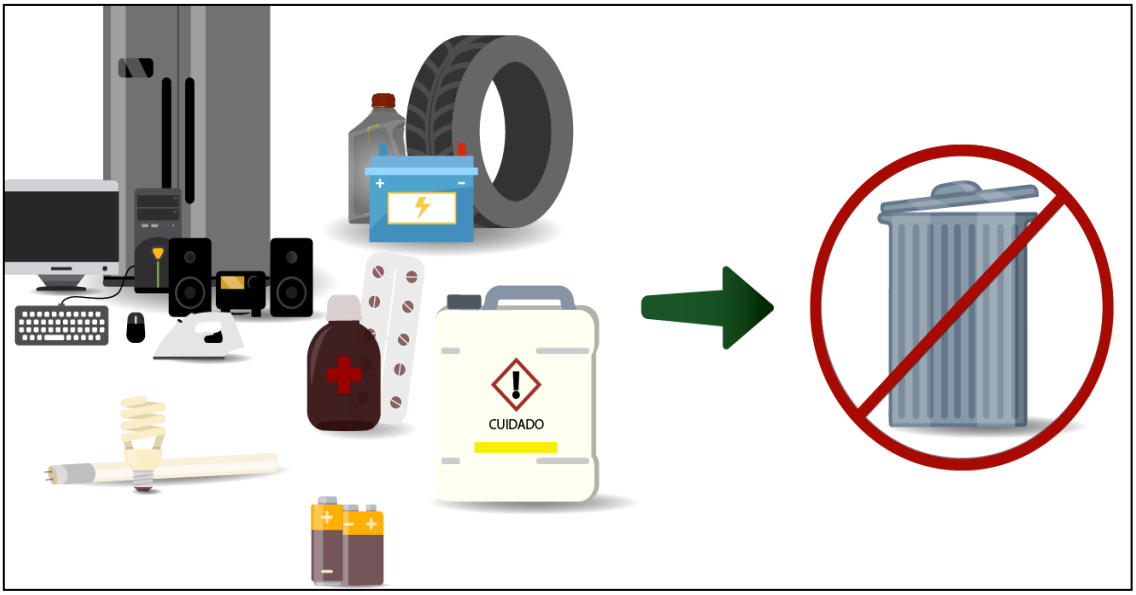


Figura 61 - Resíduos com logística reversa obrigatória.
Fonte: SINIR, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Sendo assim, o Artigo 33 da Lei Federal nº 12.305/2010 – Política Nacional dos Resíduos Sólidos, determinou a existência da responsabilidade pós-consumo dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores, obrigando-os a criar e manter sistemas de retorno dos produtos, além da coleta, armazenamento, transporte e destinação final ambientalmente adequada, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos. Não deixando de aproximar o engajamento social pela comunicação com a sociedade (FERCOMERCIOSP, 2023).

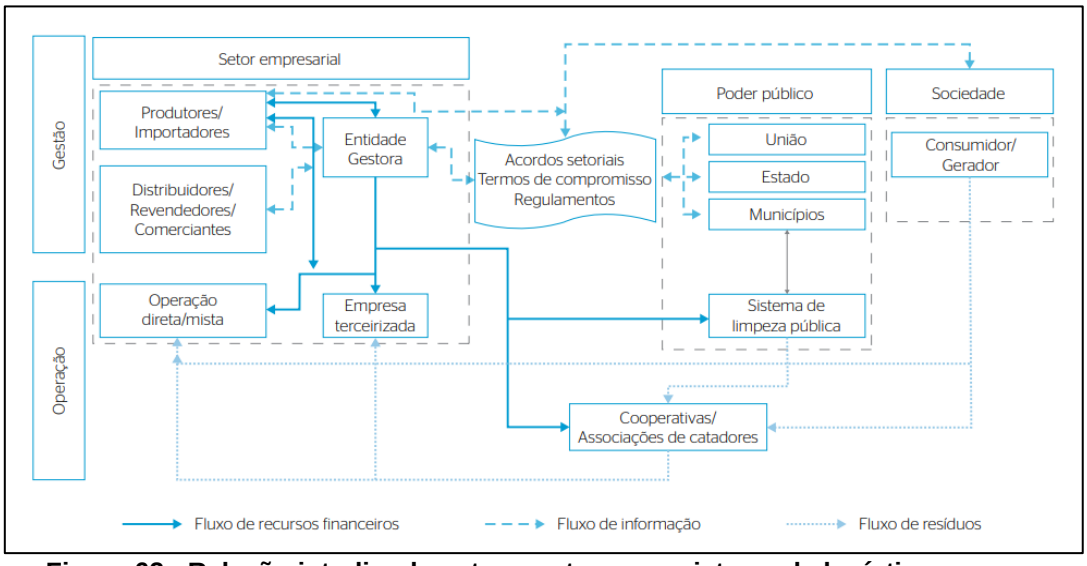


Figura 62 - Relação interligada entre os atores no sistema de logística reversa.
Fonte: COUTO; LANGE, 2017. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A PNRS representa um marco para a sociedade brasileira em relação à sustentabilidade, expondo uma avançada visão na forma como a sociedade em geral se relaciona com os resíduos sólidos gerados. E além de introduzir a Logística Reversa, também preconiza o Princípio da Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida dos Produtos (SINIR, 2023).

Esse princípio é preconizado pela ideia de que fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores devem agir em conjunto para que aconteça o reaproveitamento, reciclagem e destinação adequada dos resíduos sólidos. Nele, o cidadão no papel de consumidor é responsável por entregar os resíduos nas condições solicitadas e nos locais estabelecidos pelos sistemas de logística reversa (SINIR, 2023).

O setor privado fica responsável pelo gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos, reincorporação na cadeia produtiva, inovações nos produtos que tragam benefícios socioambientais, uso racional dos materiais e prevenção da poluição. Por último, o Poder Público fica à cargo de fiscalizar todo o processo envolvendo os demais responsáveis pelo sistema, sempre buscando conscientizar e educar os cidadãos (SINIR, 2023).

Em relação ao Município de Paraibuna, o mesmo não possui legislação específica atribuída ao gerenciamento dos resíduos da logística reversa, não tendo também local especializado para o recebimento desses materiais, sendo possível encontrar pontos irregulares de descarte de pneus em vias, terrenos baldios e nas próprias residências, conforme apresentados na Figura 63, obtidas em notícias veiculadas pela Prefeitura Municipal e registradas durante visita técnica. O descarte incorreto desses materiais, além de gerar um risco ambiental, ainda é um fator contribuinte para a proliferação de vetores de doenças como a dengue e febre amarela, devido ao acúmulo de água.

Figura 63 - Pontos com descarte irregular de pneus inservíveis em Paraibuna.
Fonte: Prefeitura da Estância Turística de Paraibuna, 2023. / Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Em 2024, como parte das medidas adotadas pela Prefeitura Municipal para mitigar os problemas relacionados ao descarte inadequado de pneus inservíveis, foram direcionadas aproximadamente 140 unidades desses resíduos para reciclagem adequada. Esses materiais foram coletados através da campanha de combate à dengue denominada "Cata Treco", coordenada pelo Departamento Municipal de Saúde, bem como por meio de substituições na frota de veículos municipais, que acabam por descartar grandes unidades de pneus.

Quanto à destinação dos pneus inservíveis, a Prefeitura da Estância Turística de Paraibuna, através do Departamento Municipal de Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente, e em conformidade com o sistema de logística reversa, encaminhou esses resíduos à empresa Policarpo Reciclagem, situada em Bragança Paulista, a cerca de 144 km de distância. A referida empresa é especializada na produção de asfalto sustentável utilizando resíduos de borracha.

2.3.7. Resíduos dos Serviços de Saúde

Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), são aqueles provenientes de qualquer atividade de natureza médico-assistencial humano ou animal, clínicas odontológicas, veterinárias, farmácias, centros de pesquisa - farmacologia e saúde, medicamentos vencidos, necrotérios, funerárias, medicina legal e barreiras sanitárias (CEMPRE, 2018).

Segundo o Art. 13 da Política Nacional do Meio Ambiente – PNRS n° 12.305/ 2010, os resíduos de serviços de saúde estão inclusos na classificação dos resíduos sólidos, sendo sua gestão de responsabilidade do gerador obedecendo as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa (BRASIL, 2010).

Um importante marco na área de resíduos de serviços de saúde – RSS, ocorreu na década de noventa com a Resolução CONAMA nº 006/1991, que desobrigou a incineração dos resíduos provenientes deste tipo de atividade, transferindo a competência da criação de normas de destinação final desses resíduos para os órgãos estaduais. Desse modo, os procedimentos técnicos de licenciamento, como acondicionamento, transporte e disposição final realizados nos municípios que não optaram pela incineração, são feitos por órgãos estaduais (CONAMA, 1991).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, através da Resolução RDC n° 306/2004, dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, que já atribuía aos geradores dos resíduos a obrigatoriedade e responsabilidade de elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde – PGRSS (ANVISA, 2004).

Conforme a Resolução CONAMA n° 358/2005, que dispõe sobre o tratamento e a disposição dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências, é de responsabilidade dos geradores de resíduos de serviço de saúde, o gerenciamento dos resíduos, desde a geração até a disposição final, de forma a atender aos requisitos ambientais e de saúde pública e ocupacional (CONAMA, 2005).

Quanto à classificação, segundo as resoluções RDC ANVISA nº 306/2004 e CONAMA n° 358/2005 os RSS são classificados em 5 grupos: **A**, **B**, **C**, **D** e **E**, sendo:

- **Grupo A**: engloba os componentes com possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. Exemplos: placas e lâminas de laboratório, carcaças, peças anatômicas (membros), tecidos, bolsas transfusionais contendo sangue, dentre outras;
- **Grupo B**: contém substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Exemplos: medicamentos apreendidos, reagentes de laboratório, resíduos contendo metais pesados, dentre outros;
- **Grupo C**: quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) como, por exemplo, serviços de medicina nuclear e radioterapia etc.;
- **Grupo D**: não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares. Exemplos: sobras de alimentos e do preparo de alimentos, resíduos das áreas administrativas etc.;
- **Grupo E**: materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como lâminas de barbear, agulhas, ampolas de vidro, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, espátulas e outros similares (CONAMA, 2005).

Os resíduos de serviços de saúde grupos **A**, **B**, **C** e **E** são caracterizados pela Norma ABNT NBR n° 10.004/2004 como Resíduos de Classe I – Perigosos, tendo em vista suas características de patogenicidade, toxicidade, reatividade, corrosividade e inflamabilidade (ABNT, 2004).

Ainda de acordo com a RDC ANVISA nº. 306/2004 e CONAMA 358/2005, todo gerador deve elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde. O PGRSS deve ser documentado, apontando e descrevendo as ações relativas ao manejo dos resíduos, abrangendo as etapas de geração,

segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final, bem como as ações desenvolvidas visando a proteção da saúde pública e do meio ambiente (ANVISA, 2004).

A observação de estabelecimentos de serviços de saúde tem demonstrado que os resíduos dos Grupos **A**, **B**, **C** e **E** são, em conjunto, 25% do volume total. Os do Grupo **D** (resíduos comuns e passíveis de reciclagem, como as embalagens) respondem por 75% do volume (MMA, 2012).

Em 2019, no Brasil, foram coletadas 253 mil toneladas de RSS, sendo 1,213 kg/ano o valor per capita. Deste valor total, 40,2% dos resíduos foram destinados para incineração, 36,2% para aterros, valas sépticas e lixões, 18,5% para autoclave e 5,1% para microondas (ABRELPE, 2020).

De acordo com o exposto no PMGIRS elaborado em 2022, o município possui contrato com a empresa Alcance Ambiental, responsável pelo gerenciamento dos resíduos gerados nas unidades de saúde de Paraibuna, de forma que cada gerador deve fazer o encaminhamento dos materiais para o ponto de concentração, e então, coletado pela empresa e encaminhado para a correta destinação.

O ponto de concentração em questão é atribuído a um espaço específico voltado para o armazenamento destes materiais, localizado no interior da Santa Casa de Paraibuna, no endereço Rua Major Soares Nº 170. Já os resíduos coletados são oriundos principalmente dos estabelecimentos de saúde do município, como a Santa Casa, o Pronto Socorro Municipal, as UBS’s dos bairros Espírito Santo e Ribeirão Branco, dentre outros estabelecimentos, além dos pequenos geradores, como farmácias, clínicas veterinárias, consultórios odontológicos e laboratórios.

2.3.8. Resíduos de Saneamento

Os resíduos do saneamento são caracterizados como aqueles gerados a partir dos serviços prestados através do abastecimento de água ou esgotamento sanitário. O processo de tratamento de água ou esgoto, em sua grande maioria e técnicas comumente utilizadas, possui a geração de lodos como um subproduto, assim como sólidos grosseiros (MMA, 2012).

A geração de lodos representa um problema ambiental em virtude de possuir uma série de produtos químicos que traz o desequilíbrio da fauna e flora onde são despejados sem nenhum tipo de controle (SINIR, 2023).

Nos processos de potabilização da água em uma estação de tratamento, há produção de lodo devido a necessidade de remoção de sólidos e outros poluentes da água a ser tratada. No Brasil, o lodo gerado como resíduo quase sempre é despejado em corpo hídrico (SMIDERLE, 2016).

O resíduo de ETA e ETE é considerado um passivo ambiental oriundo da indústria do saneamento devido aos impactos que causam nos corpos d'água receptores. Impactos como por exemplo: aumento da quantidade de sólidos, aumento de cor e turbidez, redução da penetração de luz e, consequentemente, diminuição da atividade fotossintética e concentração de oxigênio dissolvido, assoreamento, aumento da concentração de alumínio e ferro na água, dependendo do coagulante utilizado no tratamento da água bruta, dentre outros (SMIDERLE, 2016).

Por ano, no Brasil, há uma geração estimada de 81 milhões de toneladas de resíduos de saneamento básico (lodo e areia), sendo 3 milhões de toneladas geradas em ETE e 78 milhões de toneladas em ETA (SINIR, 2023).

Há no município de Paraibuna uma ETA e uma Estação Produtora de Água de Reuso (EPAR), gerenciados pela Companhia de Água e Esgoto de Paraibuna (CAEPA), onde a responsabilidade do tratamento e destinação dos resíduos produzidos nas estações também são da própria Companhia, como o lodo gerado e os óleos/gorduras oriundos do tratamento preliminar.

Nas Figuras a seguir são apresentados os resíduos gerados no tratamento de esgoto de Paraibuna, registrados durante visita técnica ao município.

Figura 64 - Leito de secagem do lodo feito em bags.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 65 - Armazenamento do lodo seco.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

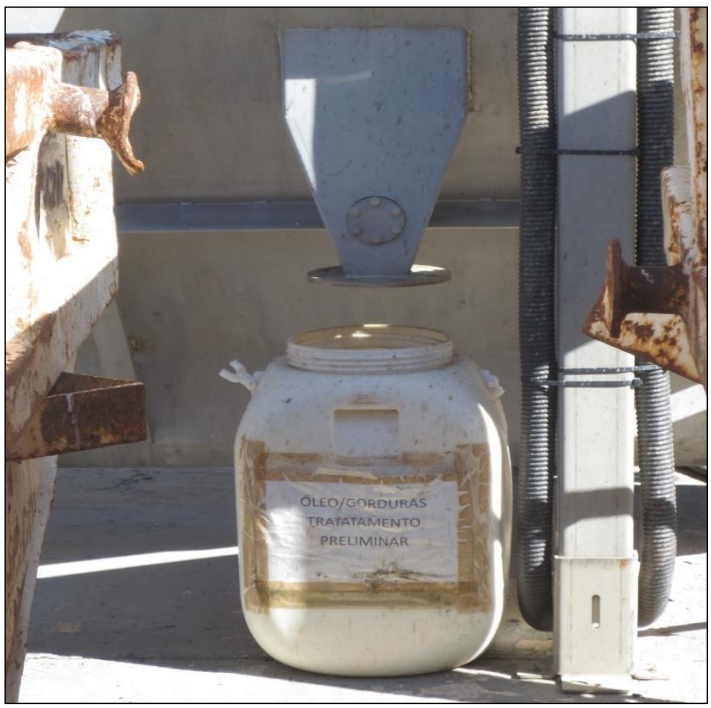


Figura 66 - Armazenamento de óleos e gorduras oriundos do tratamento preliminar.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.3.9. Resíduos de Mineração

A mineração se caracteriza por ser uma atividade altamente poluidora e degradadora do meio ambiente, pois os rejeitos e pilhas de estéril gerados em suas atividades, são dotados de metais pesados, resíduos altamente contaminantes quando entram em contato e reação com a hidrosfera, atmosfera e biosfera, se espalhando pelo solo, água e atmosfera, podendo perdurar por muito tempo nos meios, causando diversos efeitos negativos para o ambiente e sociedade (GUIMARÃES, 2007).

Tais resíduos são aquelas gerados nas atividades de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios, as quais promovem a separação dos minérios com interesse econômico, do sem interesse (SINIR, 2023).

Dentre os resíduos de mineração, temos: rejeitos, solos e rochas com substâncias perigosas, óleo de motores, transmissões e lubrificação usados ou contaminados (Classe I – Perigosos); e resíduos de extração de minérios metálicos e não metálicos, rejeitos não perigosos, sucatas metálicas ferrosas, resíduos de madeira, resíduos sanitários (Classe II – não perigosos) (SINIR, 2023).

Segundo apresentado na elaboração do PMGIRS de Paraibuna, no ano de 2022, o município possuía em seu território a extração de matérias primas como granito, pedra, areia e cascalhos, feitos por empresa do setor privado, sendo de responsabilidade dos próprios empreendimentos a correta destinação dos resíduos gerados nas atividades, e de dever do Poder Público Municipal, a fiscalização das responsabilidades e da cobrança de um Plano de Gestão dos Resíduos (PGRS).

2.3.10. Resíduos Agrossilvopastoris

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seu Art. 13, item I, subitem I, define resíduos agrossilvopastoris como aqueles gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nestas atividades (BRASIL, 2010).

Podem ser de natureza orgânica e inorgânica. Os de características orgânicas são os resíduos de culturas perenes e temporárias, como: café, banana, laranja, coco, cana, soja, milho, mandioca, feijão, dentre outras. Em relação à criação de animais, enquadram-se os equinos, caprinos, ovinos, suínos, bovinos, aves e outros. Também podem ser considerados os resíduos formados nos abatedouros e outras atividades da agroindústria (MMA, 2012).

Em relação aos resíduos com característica inorgânica, tem-se os agrotóxicos, fertilizantes e produtos farmacêuticos, bem como suas embalagens diversas (MMA, 2012). As embalagens de agrotóxicos e fertilizantes também se enquadram como resíduos com logística reversa obrigatória (RLO), já contemplados anteriormente nesse trabalho.

Paraibuna, segundo o SEADE Municípios, possui grande produção de leite em seu território, e que consequentemente, geram altas quantidades de resíduos, principalmente os orgânicos oriundos da pecuária leiteira, além de atividades agrícolas locais que também contribuem para a geração de resíduos sólidos, como embalagens vazias de fertilizantes e agrotóxicos. Entretanto, não há para o município de Paraibuna uma regulamentação que fiscalize e gerencie esta tipologia de resíduos.

2.3.11. Destinação Final

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, as seguintes definições são consideradas:

- Lixão: vazadouro a céu aberto, sem controle ambiental e nenhum tratamento ao lixo, onde pessoas têm livre acesso para mexer nos resíduos e até montar moradias em cima deles. Sendo, ambientalmente e socialmente, a pior situação encontrada ao se tratar de resíduos. É o mesmo que descarga a “céu aberto”, sendo considerada inadequada e ilegal, segundo a legislação brasileira (SNIS, 2023).

Figura 67 - Exemplo de lixão.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

- Aterro controlado: instalação destinada à disposição de resíduos sólidos urbanos, na qual alguns ou diversos tipos e/ou modalidades objetivas de controle sejam periodicamente exercidos, quer sobre o maciço de resíduos, quer sobre seus efluentes. Admite-se, desta forma, que o aterro controlado se caracterize por um estágio intermediário entre o lixão e o aterro sanitário (SNIS, 2023).

Figura 68 - Exemplo de aterro controlado.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

- Aterro sanitário: instalação de destinação final dos resíduos sólidos urbanos por meio de sua adequada disposição no solo, sob controle técnico e operacional permanente, de modo a que, nem os resíduos, nem seus efluentes líquidos e gasosos, venham a causar danos à saúde pública e/ou ao meio ambiente (SNIS, 2023).

Figura 69 - Exemplo de aterro sanitário.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Constituição Federal de 1988, Cap. VI, Art.225 estabelece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos à sadia qualidade de vida, atribuindo ao Poder Público, e também à coletividade, o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2003).

A disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos representa um grave passivo ambiental para a maioria dos municípios brasileiros, configurando-se, inclusive, como um problema ambiental e de saúde pública, contrariando o Art. 225 da Constituição (BRASIL, 20023).

Atualmente, a maior parte dos municípios brasileiros dispõe de uma coleta regular dentro nas áreas urbanas, serviço esse que é de fácil controle da população, visto que sua não realização gera grande transtorno à cidade e a seus moradores. Porém, a disposição final dos resíduos sólidos urbanos, na maioria das vezes, é colocada em um segundo plano, realidade que necessita de forte coalizão do setor privado e poder público para alcance universalização da adequada destinação dos resíduos sólidos (IPEA, 2021).

No mundo, vários episódios de contaminação de solos e águas subterrâneas são atribuídos aos depósitos de lixo, até mesmo naqueles onde foram implantadas medidas de controle, como drenos, impermeabilizações etc. Evidenciando a grande dificuldade de se gerenciar os resíduos sólidos (FIM DO LIXO, 2023).

Assim, o correto gerenciamento incluí uma cadeia de ações com visões na redução da geração, implementação ou melhoria da coleta seletiva, segurança no transporte, o reaproveitamento de materiais recicláveis ou com potencial energético, até a disposição final em sistemas projetados e operados sob critérios técnicos adequados. Temas de suma importância que devem ser cada vez mais presentes nas tomadas de decisões dos gestores públicos municipais (FIM DO LIXO, 2023).

No município de Paraibuna, não há a presença de aterros sanitários ou lixões desativados para a destinação dos resíduos gerados. Em vez disso, todos os resíduos sólidos são encaminhados para o Aterro Sanitário do município de Jambeiro, situado a aproximadamente 21 km de distância. A destinação é realizada por meio de contrato com a empresa privada UTGR Jambeiro Aterro

Sanitário, que é responsável pela coleta, transporte e disposição final dos resíduos, garantindo o manejo adequado conforme as normas ambientais vigentes. O aterro está localizado na Estrada Municipal Olavo Vieira, Km 4, s/n, na Zona Rural do bairro Capivari/Varadouro, em Jambeiro, SP.

Dentro do território de Paraibuna, a única área utilizada para a disposição de resíduos é um espaço da Prefeitura Municipal dedicado ao armazenamento de materiais provenientes da construção civil e de resíduos verdes gerados pelos serviços de limpeza pública. Na Figura 70 é apresentada uma imagem do local de acesso ao interior das instalações do aterro.

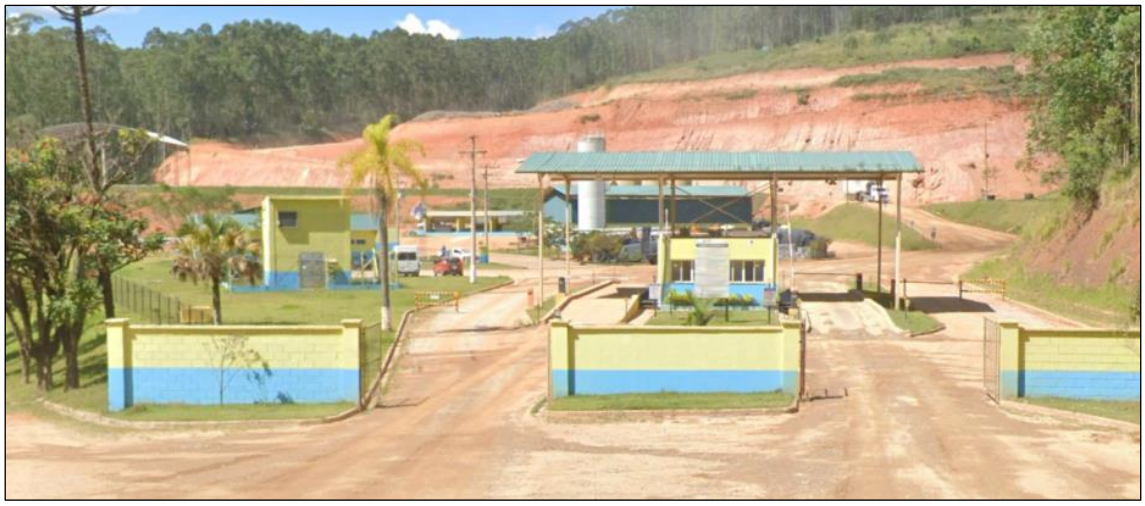


Figura 70 - Acesso ao Aterro Sanitário da UTGR Jambeiro.

Fonte: *Google Earth.*

Na Figura 71 é apresentado o mapa de localização e acesso da área do aterro sanitário no município de Jambeiro.

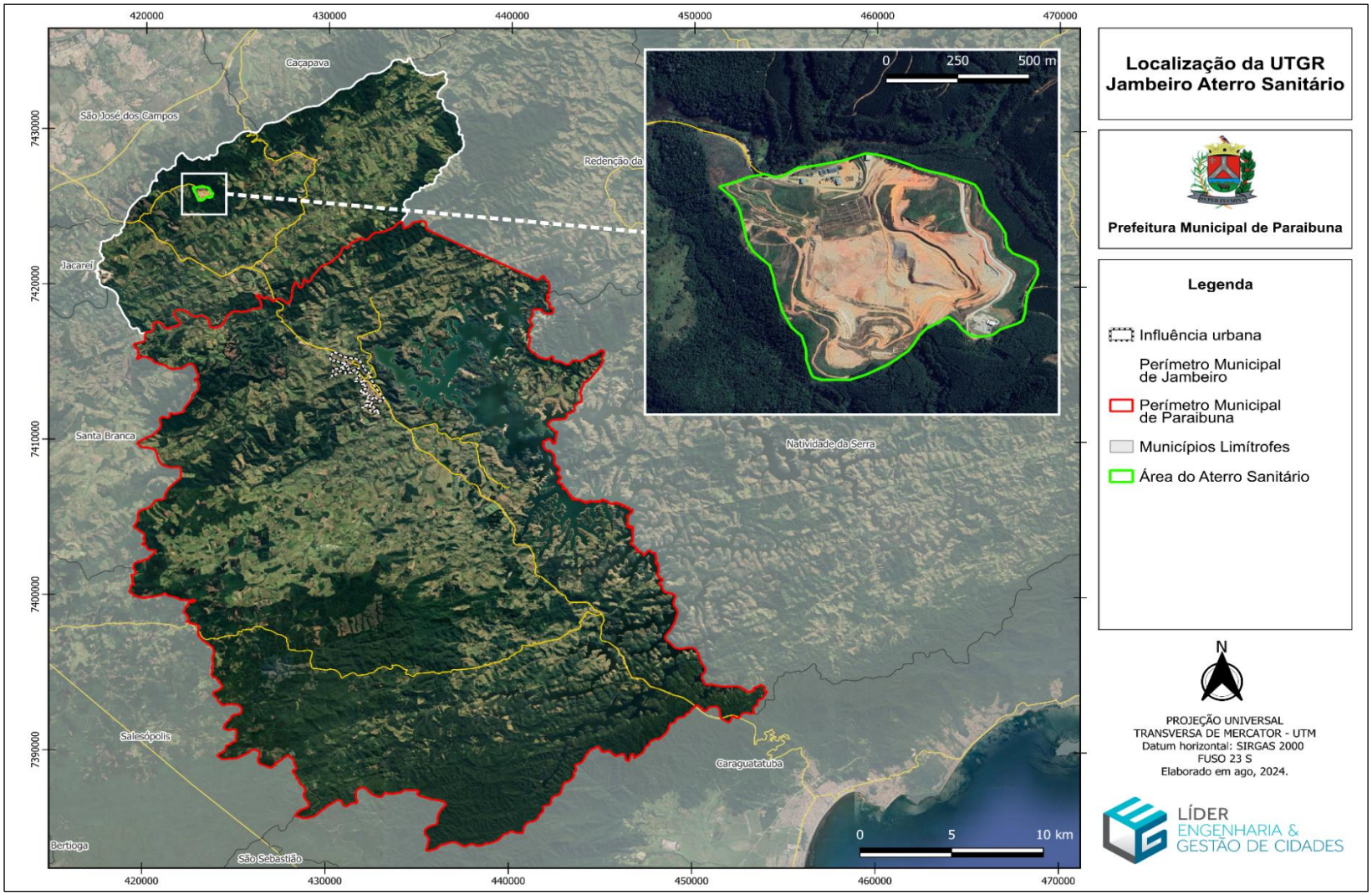


Figura 71 - Mapa de Localização e Acesso do Aterro Sanitário da UTGR Jambeiro.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.3.12. Análise Financeira

No município de Paraibuna, a cobrança pelos serviços de manejo dos resíduos sólidos é realizada por meio de uma tarifa, conforme estabelecido pela Lei Complementar nº 89, de 16 de dezembro de 2021. Essa tarifa tem como objetivo garantir a adequada e eficiente prestação dos serviços, além de assegurar a viabilidade técnica e econômico-financeira do sistema de manejo de resíduos sólidos do município.

Segundo apresentado no PMGIRS de Paraibuna, elaborado no ano de 2022, a cobrança é calculada utilizando uma fórmula que considera um valor básico de referência, o custo total do serviço de manejo dos resíduos, e a quantidade total de unidades imobiliárias abrangidas pela cobertura dos serviços, permitindo assim um rateio proporcional e equitativo entre os usuários do sistema. A fórmula em questão é apresentada a seguir:

$$VBR\ TMRS\ = \left(\frac{R\$}{imóvel}\right) = \ CET\ SMRS/QT\ IMÓVEIS\ /\ 12$$

Onde:

VBR TMRS: Valor Básico de Referência para o cálculo anual;

CET SMRS: Custo econômico total do serviço;

QT IMÓVEIS: Quantidade total de unidades imobiliárias autônomas.

Embora o município de Paraibuna possua um sistema de aplicação de tarifas para os serviços de manejo de resíduos sólidos, conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), observou-se uma inconsistência nos valores informados.

Em 2022, a despesa total com serviços de manejo de resíduos sólidos urbanos (FN220) foi de R$ 1.373.848,83, enquanto a receita arrecadada com taxas e tarifas correspondentes à gestão e manejo desses resíduos (FN222) foi reportada como zero (SNIS, 2022). Esse preenchimento incorreto no SNIS aponta para uma falha na declaração das informações financeiras do município em relação à arrecadação desses serviços.

Ainda segundo apresentado no PMGIRS de Paraibuna, elaborado em 2022, o município possui um déficit fiscal em relação as despesas financeiras com o manejo dos resíduos sólidos de cerca de 78,6%.

De acordo com o Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos, elaborado pelo SINIR em 2019, com informações atualizadas até o mês de agosto de 2021, cerca de 45% dos municípios brasileiros cobram alguma taxa ou tarifa pelos serviços de limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos.

Dentre as principais formas de cobrança, 37,34% dos municípios cobram taxa específica no mesmo boleto do IPTU, 4,98% cobram taxa específica no mesmo boleto de água e 2,37% cobram taxa em boleto específico.

2.3.13. Análise Crítica do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos

As principais deficiências da gestão dos resíduos sólidos no município de Paraibuna, de acordo com este trabalho são:

- Ausência de Coleta Seletiva no município;
- Déficit fiscal em relação as despesas e arrecadações com os serviços de manejo dos RSU;
- Ausência de triturador de galhos e resíduos verdes;
- Ausência de triturador de entulhos;

Apesar de o sistema de coleta de resíduos sólidos de Paraibuna abranger todo o território urbano, incluindo áreas de habitação de interesse social e de populações em situação de vulnerabilidade (PMGIRS, 2022), ainda apresenta algumas deficiências importantes. A principal delas é a ausência de uma associação ou cooperativa estruturada para a coleta seletiva de materiais recicláveis.

A implantação de um sistema de coleta seletiva, além de favorecer a preservação ambiental, poderia melhorar o balanço financeiro do município, reduzindo o volume de resíduos transportados pela coleta convencional e, consequentemente, os custos de transporte para o aterro. Além disso, a venda dos materiais recicláveis por meio de cooperativas geraria receita adicional, fortalecendo a economia local

2.4. Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais

O estudo da drenagem possui foco principal na predição dos resultados dos hidrogramas de picos de vazões, que se elevam diretamente com a intensa ocupação urbana nas bacias hidrográficas e consequente aumento da impermeabilização da superfície.

Deste modo, o crescimento urbano desordenado no país provoca impactos negativos tanto na população, quanto no ambiente, aumentando a frequência e a gravidade das inundações e dos deslizamentos, prejudicando também a qualidade da água devido ao aumento da presença de materiais sólidos no escoamento pluvial.

Assim, existem fatores a serem atribuídos a este crescimento urbano desordenado, sendo a falta de planejamento para a abertura de novos loteamentos, o uso impróprio do solo, a ocupação irregular em áreas de risco e sistemas de drenagem ineficientes.

O sistema de drenagem e manejo de águas pluviais em Paraibuna enfrenta desafios significativos, especialmente em razão das características topográficas do município.

Situado em uma região com presença marcante de morros e alta declividade próximos ao centro urbano, as águas precipitadas acabam por convergir de maneira mais rápida para o curso hídrico, contribuindo para o aumento dos picos de enchentes (LOREZON et. al., 2015). Este cenário topográfico, aliado à falta de infraestrutura de drenagem adequada, acentua a vulnerabilidade do município a eventos de inundação.

Recentemente, em fevereiro de 2024, Paraibuna registrou episódios críticos relacionados à drenagem urbana, incluindo a queda de pontes, alagamentos e deslizamentos. A situação foi agravada pelo transbordamento do Córrego Laranjeira-Lavapés, em um ponto situado no Bairro Vila de Fátima, próximo à Avenida Dr. Lincoln Feliciano da Silva e ao Estádio Municipal Amador Celeste, conforme podem ser vistos nas Figura 72 e Figura 73, que demonstram o mesmo local com e sem a presença de inundação.

Figura 72 - Av. Dr. Lincoln Feliciano da Silva, próximo ao Estádio Municipal, estando inundada.

Fonte: PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAIBUNA, 2024.

Figura 73 - Av. Dr. Lincoln Feliciano da Silva, próximo ao Estádio Municipal, sem a presença de inundação.

Fonte: Google Earth.

Estes eventos demonstram a necessidade urgente de melhorias na infraestrutura de drenagem e manejo de águas pluviais para mitigar os impactos de chuvas intensas e reduzir os danos associados.

O histórico de problemas relacionados a alagamentos e deslizamentos em Paraibuna ressalta a importância de um planejamento integrado para o manejo das águas pluviais, considerando as especificidades locais.

Medidas como a construção de estruturas de contenção, ampliação da capacidade de drenagem e intervenções em áreas críticas, são essenciais para aumentar a resiliência do município frente a eventos de precipitação intensa, minimizando os riscos para a população e para o patrimônio público.

Em nível de macrodrenagem, são apresentados a seguir alguns dos principais corpos hídricos (córregos e ribeirões) presentes no território de Paraibuna, além do encontro dos Rios Paraibuna e Paraitinga, que formam o Rio Paraíba do Sul:

- Córrego Laranjeiras-Lavapés;
- Córrego Chororão;
- Córrego Varjão;
- Córrego Espírito Santo;
- Ribeirão Fartura;
- Córrego Campo Redondo;

2.4.1. Caracterização das Microbacias Urbanas

Com o intuito de realizar o estudo de drenagem das águas pluviais da Sede Municipal e centro urbano de Paraibuna, delimitaram-se as microbacias urbanas, que possuem influência direta na zona urbana do município.

Para delimitação das microbacias hidrográficas utilizou-se o *software Arc Hydro Tools*, uma extensão do software: *ESRI ® Arc Map ™ 10.4.* a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado pelo Topodata (BRASIL, 2008) a partir dos dados SRTM da USGS. Nos próximos tópicos segue a análise detalhada para cada uma das microbacias identificadas. Para ilustrar melhor a caracterização hidrográfica de todo o município, segue abaixo o mapa das microbacias urbanas identificadas para o município de Paraibuna.

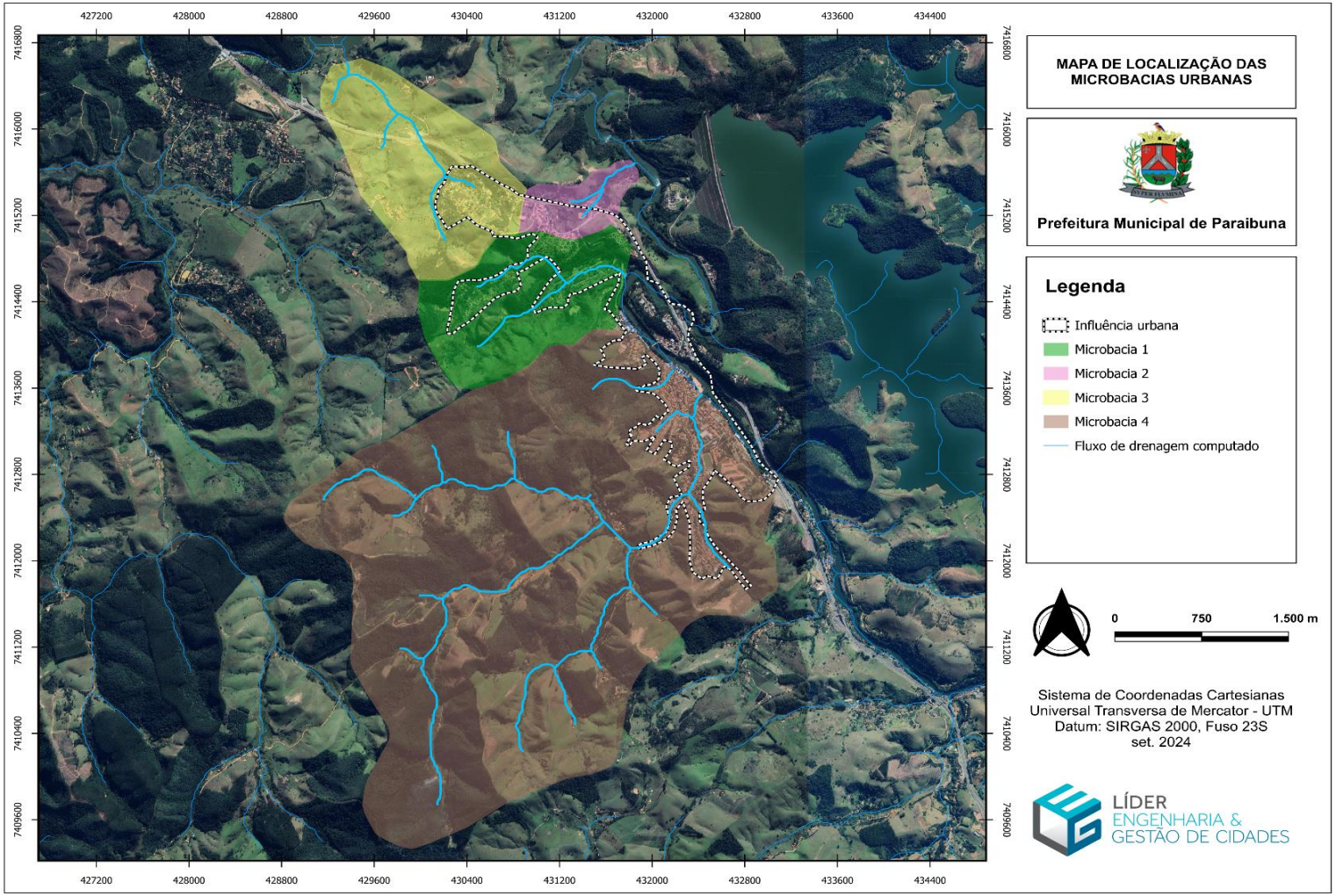


Figura 74 - Mapa das microbacias de influência na área urbana de Paraibuna.
Fonte: TOPODATA/INPE. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Foram identificadas quatro microbacias que possuem influência direta na área urbana central de Paraibuna, enumeradas de 1 a 4, conforme a Figura 74. A Microbacia 1 apresenta área correspondente a 1,82 km² e perímetro de 5,56 km. Já a microbacia 2 possui área equivalente a 0,47 km² e perímetro de 2,99 km e a Microbacia 3, com área de 2,09 km² e perímetro de 5,86 km.

A microbacia 4 é a Microbacia do Córrego Laranjeiras-Lavapés, sendo a maior microbacia analisada para a área de influência urbana e, consequentemente, a mais importante. Pois, a Microbacia 4 possui a maior área urbanizada quando comparada com as outras, além de a mesma apresentar um córrego que atravessa a mancha urbana e é responsável por causar alagamentos no município, em períodos chuvosos.

Em relação a sua dimensão, a Microbacia 4 possui uma área de 12,10 km² e perímetro de 14,54 km. Sendo assim, nos tópicos a seguir serão expostas informações relacionadas com a análise morfométrica, análise linear, análise areal e análise hipsométrica das microbacias de interesse.

Vale ressaltar que todas as microbacias aqui analisadas desaguam em um mesmo curso hídrico, sendo o Rio Paraibuna, que corta parte da área urbana do município. Entretanto, em determinado trecho presente na Represa de Paraibuna, o encontro das águas do Rio Paraibuna e do Rio Paraitinga, formam o importante Rio Paraíba do Sul.

Análise Morfométrica

A metodologia utilizada para determinação dos parâmetros foi a proposta por Horton (1945), sendo a mesma aplicada, considerando as condições ambientais brasileiras definidas por Villela e Mattos (1975) e Christofoletti (1974). Os dados secundários utilizados foram armazenados em ambiente SIG, onde foram feitos os cálculos, por meio de ferramentas estatísticas e de geoprocessamento, fazendo uso dos softwares: ESRI ® *Arc Map ™ 10.4.1* e *Microsoft ® Excel 2016*.

O principal objetivo do estudo morfométrico é demonstrar, mediante os cálculos de parâmetros, quais microbacias apresentam as melhores e piores condições de drenagem, de acordo com suas condições naturais.

Neste estudo de caracterização morfométrica, optou-se pela utilização de uma microbacia com o objetivo de identificar as condições de drenagem natural, consequentemente o programa gerou um possível fluxo de drenagem através do MDE, de modo que os cálculos foram realizados sobre esses dados. As microbacias selecionadas foram as que apresentaram influência direta na dinâmica urbana do município de Paraibuna.

A análise morfométrica expõe a classificação e ordenação dos principais fluxos de drenagem, obtendo assim a hierarquia fluvial para cada microbacia. Posteriormente deu-se procedência nas análises de aspectos lineares, areais e hipsométricos, conforme aponta nas tabelas abaixo.

Tabela 44 - Hierarquia do fluxo de drenagem computado.

Hierarquia Fluvial			
Microbacias	**Ordem**	**Quantidade**	**Extensão (km)**
Microbacia 1	Primária	02	1,99
	Secundária	01	0,59
	Terciária	-	-
Microbacia 2	Primária	02	0,62
	Secundária	01	0,38
	Terciária	-	-
Microbacia 3	Primária	04	1,59
	Secundária	01	1,50
	Terciária	-	-
Microbacia 4	Primária	15	8,15
	Secundária	03	5,57
	Terciária	01	2,15

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Análise Linear

- **Comprimento do canal principal (km) - Lcp**

É a distância que se estende ao longo do canal principal, desde sua nascente até a foz.

- **Altura do canal principal (m) - Hcp**

Para encontrar a altura do canal principal, subtrai-se a cota altimétrica encontrada na nascente pela cota encontrada na foz.

• **Gradiente do canal principal (m/km) - Gcp**

É a relação entre a altura do canal e o comprimento do respectivo canal, indicando a declividade do curso d'água. É obtido pela fórmula:

$$Gcp = Hcp / Lcp$$

Sendo:

Gcp = Gradiente do canal principal (m/km);

Hcp = Altura do canal principal (m);

Lcp = Comprimento do canal principal (km).

Este gradiente, também, pode ser expresso em porcentagem:

(%) – Gcp = Hcp / Lcp * 100

• **Extensão do percurso superficial (km/km²) - Eps**

Representa a distância média percorrida pelas águas entre o interflúvio e o canal permanente. É obtido pela fórmula:

$$\mathbf{Eps = 1 / 2\ Dd}$$

Sendo:

Eps = Extensão do percurso superficial (km/km²);

1 = constante;

2 = constante;

Dd = Valor da densidade de drenagem (km/km²).

Análise Areal

Na análise areal das bacias hidrográficas, estão englobados vários índices, nos quais, intervêm medições planimétricas, além de medições lineares. Podemos incluir os seguintes índices:

• **Comprimento da bacia (km) – Lb**

É calculado, através da medição de uma linha reta traçada ao longo do rio principal, desde sua foz até o ponto divisor da bacia.

• **Coeficiente de compacidade da bacia - Kc**

É a relação entre o perímetro da bacia e a raiz quadrada da área da bacia. Este coeficiente determina a distribuição do deflúvio, ao longo dos cursos d'água, e é em parte responsável pelas características das enchentes, ou seja, quanto mais próximo do índice de referência, que designa uma bacia de forma circular, mais sujeita a enchentes, será a bacia. É obtido pela fórmula:

$$Kc = 0,28 * P / \sqrt{A}$$

- Kc = Coeficiente de compacidade;
- P = Perímetro da bacia (km);
- A = Área da bacia (km²).

Sendo:

Índice de referência – 1,0 = forma circular.

Índice de referência – 1,8 = forma alongada.

Pelos índices de referência, 1,0 indica que a forma da bacia é circular e 1,8 indica que a forma da bacia é alongada. Quanto mais próximo de 1,0 for o valor deste coeficiente, mais acentuada será a tendência para maiores enchentes.

Isto porque, em bacias circulares, o escoamento será mais rápido, pois a bacia descarregará seu deflúvio direto com maior rapidez, produzindo picos de enchente de maiores magnitudes. Já nas bacias alongadas, o escoamento será mais lento e a capacidade de armazenamento maior.

- **Densidade hidrográfica (rios/km²) - Dh o Dh = Densidade hidrográfica;**

o N1 = Número de rios de 1ª ordem;
o A = Área da bacia (km²).

É a relação entre o número de segmentos de 1ª ordem e a área da bacia. É obtida pela fórmula:

Dh = N1 / A, sendo:

Canali (1986) define três categorias de densidade hidrográfica:
Dh baixa – menos de 5 rios/km²;
Dh média – de 5 a 20 rios/km²;
Dh alta – mais de 20 rios/km².

- **Densidade de drenagem (km/km²) - Dd o Dd = Densidade de drenagem;**

o Lt = Comprimento dos canais (km);
o A = Área da bacia (km²).

É a relação entre o comprimento dos canais e a área da bacia. É obtida pela fórmula:

Dd = Lt/A, sendo:

Segundo Villela & Mattos (1975), o índice varia de 0,5 km/km², para bacias com pouca capacidade de drenagem, até 3,5 km/km² ou mais, para bacias, excepcionalmente, bem drenadas.

Análise Hipsométrica

• Altura da bacia (m) - Hb

É a diferença altimétrica entre o ponto mais elevado da bacia (crista) e o ponto mais baixo (foz).

Foram analisados os parâmetros lineares, areais e hipsométricos das microbacias localizadas dentro do perímetro urbano da sede do município de Paraibuna, cujos dados estão expostos na tabela abaixo a seguir.

Tabela 45 – Dados extraídos das microbacias.

Informações Analisadas		
Parâmetros		**Valor**
Microbacia 1	Área da bacia - A (Km²)	1,82
	Perímetro da bacia - P (Km)	5,56
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	4,34
	Altura do canal principal - Hcp (m)	63
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	14,52
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km²)	0,71
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	1,81
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,15
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km²)	1,10
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km²)	1,42
	Altura da bacia - Hb (m)	175
	Área da bacia - A (Km²)	0,47
	Perímetro da bacia - P (Km)	2,99
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	0,70

Microbacia 2	Altura do canal principal - Hcp (m)	47
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	67,14
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km²)	1,065
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	1,19
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,22
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km²)	4,26
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km²)	2,13
	Altura da bacia - Hb (m)	124
Microbacia 3	Área da bacia - A (Km²)	2,09
	Perímetro da bacia - P (Km)	5,86
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	2,11
	Altura do canal principal - Hcp (m)	54
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	25,59
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km²)	0,74
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	2,19
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,13
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km²)	1,91
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km²)	1,48
	Altura da bacia - Hb (m)	145
Microbacia 4	Área da bacia - A (Km²)	12,10
	Perímetro da bacia - P (Km)	14,54
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	10,10
	Altura do canal principal - Hcp (m)	118
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	11,68
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km²)	0,66
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	4,90
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,17
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km²)	1,24
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km²)	1,32
	Altura da bacia - Hb (m)	332

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Através da análise dos parâmetros morfométricos, pode-se inferir que as microbacias localizadas na área urbana de Paraibuna, possuem influência direta junto ao Rio Paraíba do Sul.

Em relação a Densidade Hidrográfica concluiu-se que todas as microbacias estudadas apresentaram um valor baixo para este índice, com menos de cinco rios/km², sendo o maior valor observado atribuído para a microbacia 2 (4,26 rios/km²), muito devido ao seu tamanho sucinto.

A Densidade Hidrográfica é de suma importância, pois representa o comportamento hidrográfico em determinada área, em um de seus aspectos fundamentais, como, a capacidade de gerar novos cursos de água.

Para o fator Densidade de Drenagem, apenas a microbacia 2 apresentou resultado de nível regular, enquanto que, as microbacias 1, 3 e 4 apresentaram resultados baixos (drenagem pobre). A Densidade de Drenagem é uma das variáveis mais importantes para a análise morfométrica, representando o grau de dissecação topográfica, em paisagens esculpidas pela atuação fluvial, ou expressando a quantidade disponível de canais para o escoamento e o controle exercido pelas estruturas geológicas.

Já para o Gradiente do Canal Principal, avaliando os valores referentes de cada microbacia, observou-se que a microbacia que exibe o maior gradiente é a microbacia 2, e consequentemente, apresenta a maior velocidade de escoamento, devido ao, conforme mencionado, curto tamanho de área da bacia. Porém, a microbacia 4, no qual, comporta a maior parte da área urbana de Paraibuna, possui um gradiente com valor intermediário resultando em uma menor velocidade no escoamento.

Considerando que a microbacia 4 é a responsável por causar enchentes e alagamentos em alguns pontos da área urbana de Paraibuna, faz-se necessário traçar metas para o direcionamento adequado dos seus dispositivos de drenagem para controle das águas pluviais. Ressalta-se, que o índice de Gradiente do Canal Principal está relacionado com o índice de sinuosidade do respectivo canal. Este índice determina o potencial de acúmulo de sedimentos no corpo hídrico, o que pode resultar no assoreamento e em casos mais graves, em erosão.

No caso do índice de Coeficiente de Compacidade – Kc, mediante os cálculos realizados, é possível verificar que, ao se aplicar a fórmula que o define, todas microbacias identificadas apresentaram valores que indicam se aproximar de uma forma circular, e desta forma, menor propensão ao escoamento natural das águas da chuva, com maiores riscos de inundações.

Especificamente para a microbacia 4, sendo esta, a mais importante das microbacias identificadas, como já relatado, a mesma apresenta características naturais que tendem a não favorecer a infiltração das águas pluviais, gerando maior escoamento superficial. Entretanto, não foram apresentados valores alarmantes, porém há indicadores que evidenciam que a capacidade de escoamento desta microbacia é mediana. Neste sentido, torna-se de interesse que a mesma tenha maior atenção em relação ao uso dos dispositivos de drenagem, principalmente pelos eventos de cheias observadas ao longo do canal principal, que afetam o cotidiano da vida urbana nessa região.

2.4.2. Estudos Hidrológicos

Os Estudos Hidrológicos visam fornecer resultados das análises matemáticas feitas em uma bacia hidrográfica em função das características que alteram a sua capacidade de escoamento.

Como exemplo destas características, tem-se as alterações da sua vegetação com determinada ocupação de solo, seu tipo de solo e geologia inserida, a intensidade pluviométrica e seus resultados das análises morfométricas.

Índices Físicos

Os índices físicos, em termos hidrológicos, são aqueles que representam algumas características geométricas da bacia em estudo. Os abordados neste estudo são o comprimento do talvegue principal e sua declividade média.

Os valores de desnível geométrico nas microbacias, bem como o comprimento do talvegue principal, foram obtidos através do uso de

processamento digital de imagens, usando os sistemas de informações geográficas e o auxílio da base cartográfica (IBGE, SRTM).

A literatura técnica especializada apresenta diversas equações para o cálculo do tempo de concentração de bacias de drenagem. Dentre estas, as mais conhecidas são Kirpich, Bransby-Willians, Onda Cinemática, SCS (Soil Conservation Service) e de Watt e Chow.

O tempo de concentração de uma bacia pode ser definido como o tempo contado a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua para a vazão na seção de saída ou em estudo, isto é, corresponde ao tempo que a partícula de água de chuva que cai no ponto mais remoto da bacia leva para atingir a seção em estudo, escoando superficialmente.

Para a elaboração do presente plano foram comparados os resultados obtidos por meio das equações de Kirpich, Soil Conservation Service e a de Watt e Chow. Mediante a análise dos resultados encontrados, foi observado que os métodos de Watt e Chow e Soil Conservation Service forneceram valores de tempo de concentração extremamente altos, e, por conseguinte, bem fora da realidade requerida para o estudo. Portanto optou-se por utilizar os resultados da equação de Kirpich. Sendo assim, a equação de Kirpich se apresenta a seguir:

$$tc = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

sendo:

Tc: Tempo de concentração, em minutos;

L: extensão do talvegue em quilômetros e;

H: diferença de cotas entre seção de drenagem e o ponto mais alto do talvegue em metros;

A próxima tabela apresenta os valores referentes ao Tempo de Concentração (Tc) para as microbacias urbanas de Paraibuna.

Tabela 46 - Tempo de Concentração, extensão do canal principal e variação de altitude do canal para as diferentes microbacias analisadas.

Microbacias	L (Km)	ΔH(m)	Tc(min)	Tc (h)
1	4,34	63	63,01	1,05
2	0,70	47	08,57	0,14
3	2,11	54	29,07	0,48
4	10,10	118	131,28	2,19

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Permeabilidade dos Solos

A permeabilidade do solo é um atributo físico de grande importância para a engenharia, sendo necessária à sua determinação nos trabalhos em que se tem movimento d'água no solo. Vários são os atributos físicos do solo que influenciam nos valores do seu coeficiente de permeabilidade, sendo considerados de maior importância a densidade e a porosidade.

Uso e Ocupação do Solo Urbano

Neste ponto da análise, a imagem foi recortada para que abrangesse apenas as áreas das microbacias relevantes para o estudo hidrológico e que possuem influência direta e indireta na drenagem da área urbana do município. A classificação que se deu foi de forma supervisionada, identificando as fisionomias mais aparentes e, a partir do valor de seus pixels, realizando uma classificação semiautomática.

Após isso, foram feitas correções manuais visando eliminar interferências atmosféricas da imagem e alterar algumas áreas classificadas que não estavam fiéis à realidade. Escolheram-se seis classes para a classificação supervisionada, seguindo um critério de que cada classe possui uma maior tendência ao escoamento da água e menor tendência à infiltração. São as seguintes:

• Solo Exposto;
• Vegetação Densa;
• Vegetação Rasteira;
• Solo Edificado;
• Via Pavimentada.

Em seguida, foram mapeadas e medidas as classes criadas para a classificação supervisionada, como podemos ver na tabela e figura abaixo.

Tabela 47 - Classes de uso e ocupação do solo utilizadas por microbacia.

Microbacia 1	**Área (km²): 1,82**	**Perímetro (km): 5,56**
	Solo edificado (km²)	0,144
	Solo exposto (km²)	0,031
	Vegetação densa (km²)	0,559
	Vegetação rasteira (km²)	1,020
	Via pavimentada (km²)	0,068
Microbacia 2	**Área (km²): 0,47**	**Perímetro (km): 2,99**
	Solo edificado (km²)	0,029
	Solo exposto (km²)	0,011
	Vegetação densa (km²)	0,134
	Vegetação rasteira (km²)	0,249
	Via pavimentada (km²)	0,047
Microbacia 3	**Área (km²): 2,09**	**Perímetro (km): 5,86**
	Solo edificado (km²)	0,075
	Solo exposto (km²)	0,084
	Vegetação densa (km²)	0,266
	Vegetação rasteira (km²)	1,600
	Via pavimentada (km²)	0,065
Microbacia 4	**Área (km²): 12,10**	**Perímetro (km): 14,54**

	Solo edificado (km²)	0,418
	Solo exposto (km²)	0,219
	Vegetação densa (km²)	5,520
	Vegetação rasteira (km²)	5,810
	Via pavimentada (km²)	0,128

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A seguir as figuras mostram o mapa da classificação do uso e ocupação do solo da área urbana corresponde a área de abrangência das microbacias.

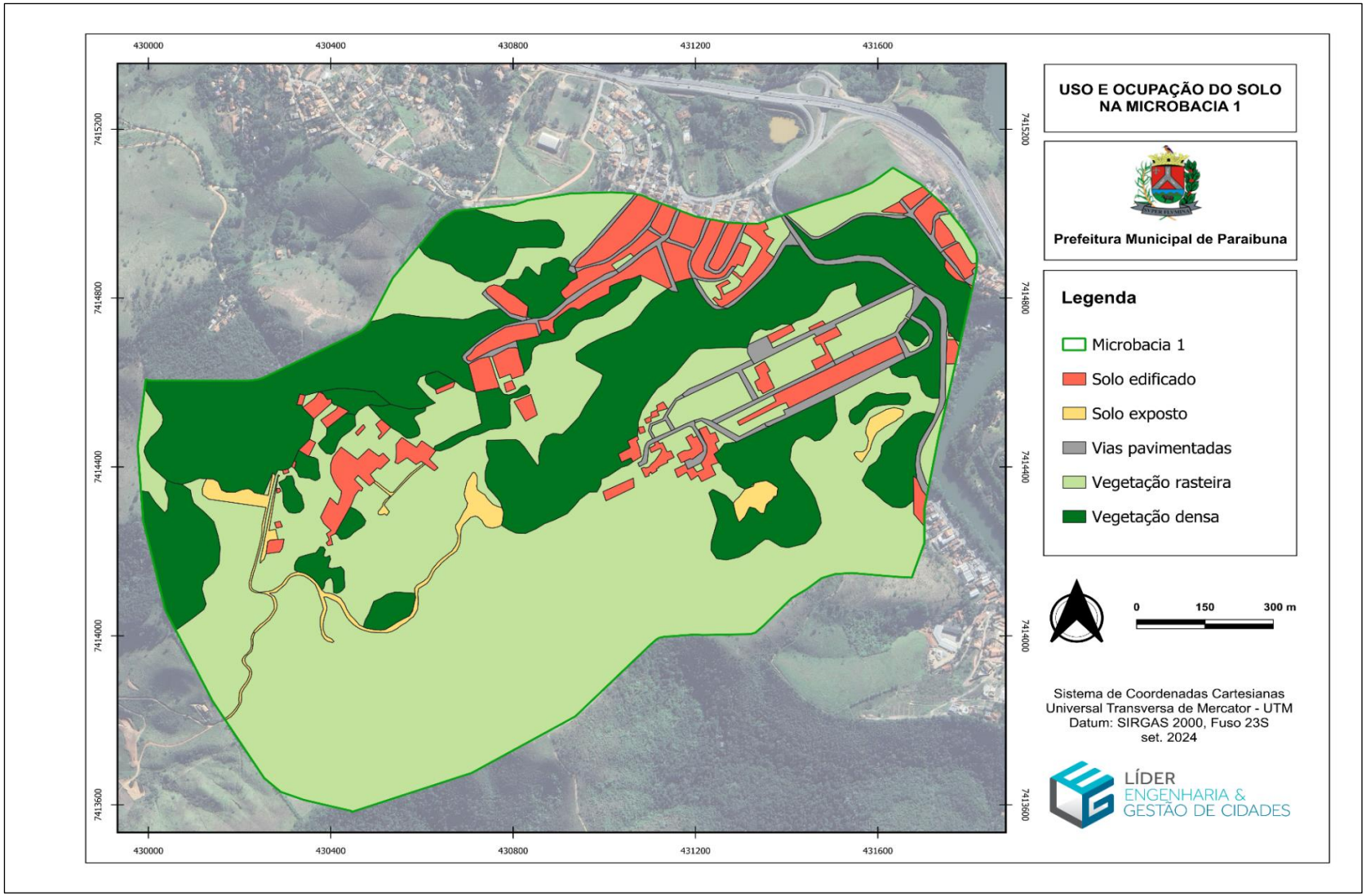
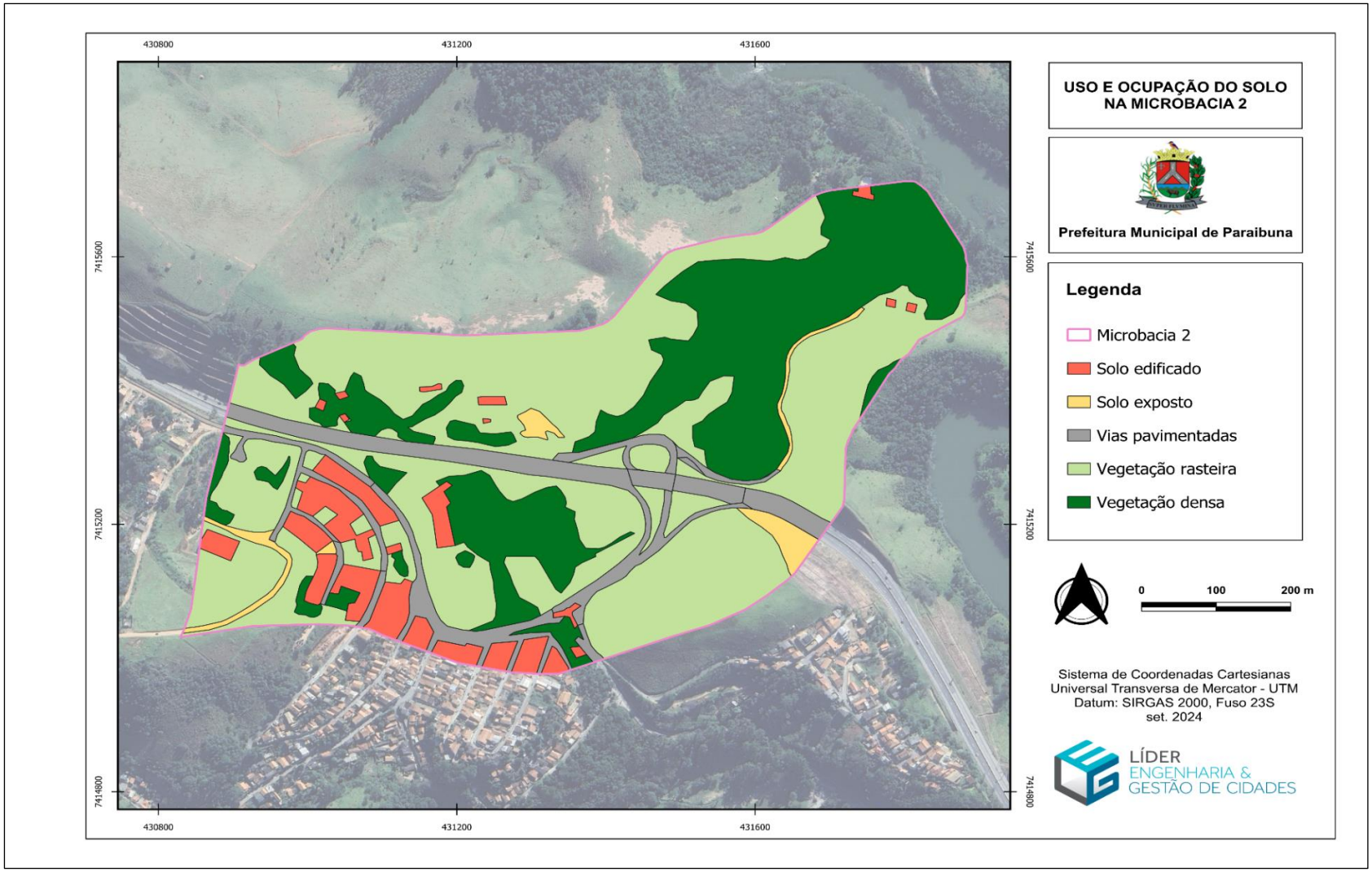


Figura 75 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 1.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 76 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 2.

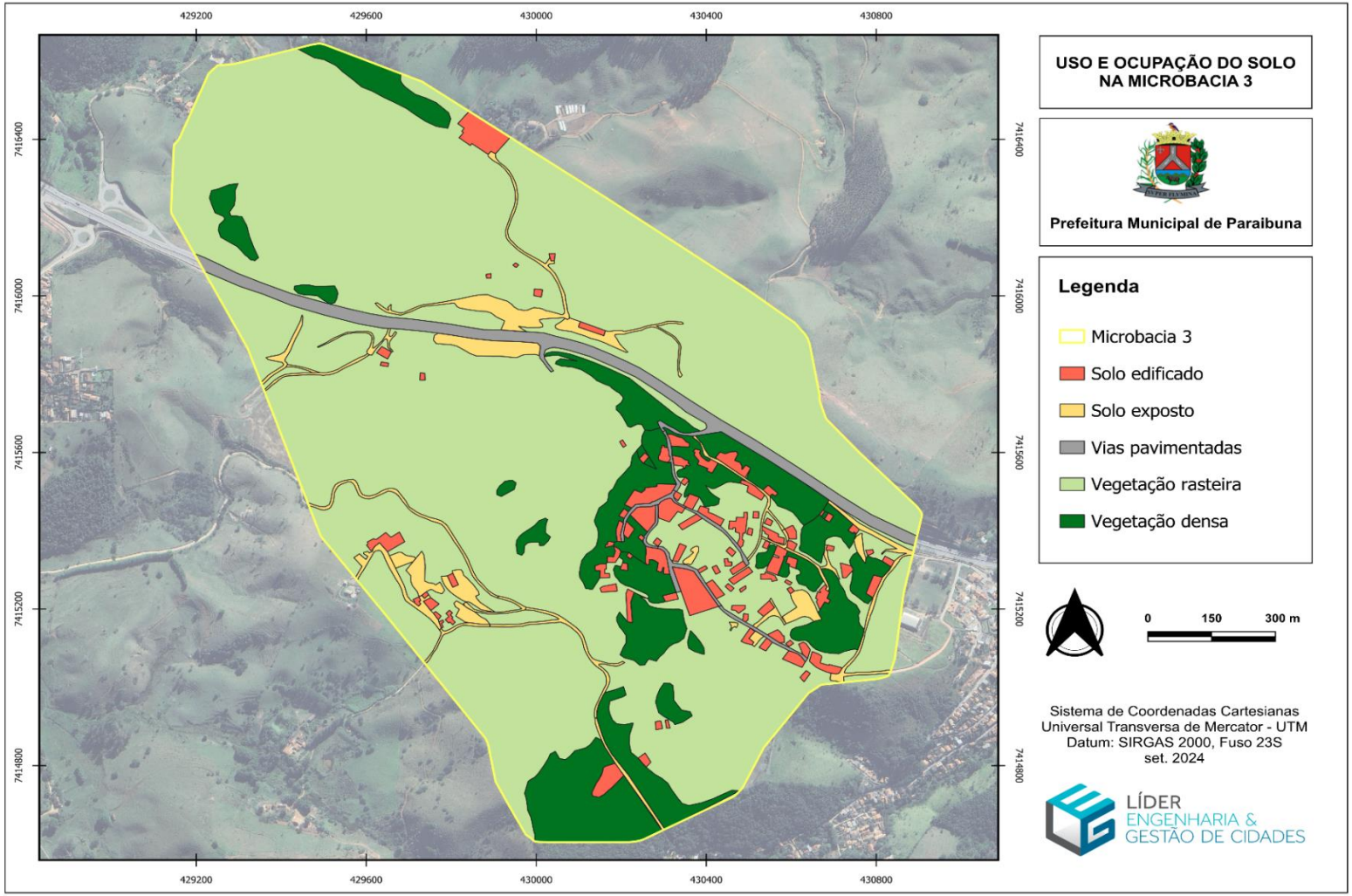


Figura 77 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 3.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

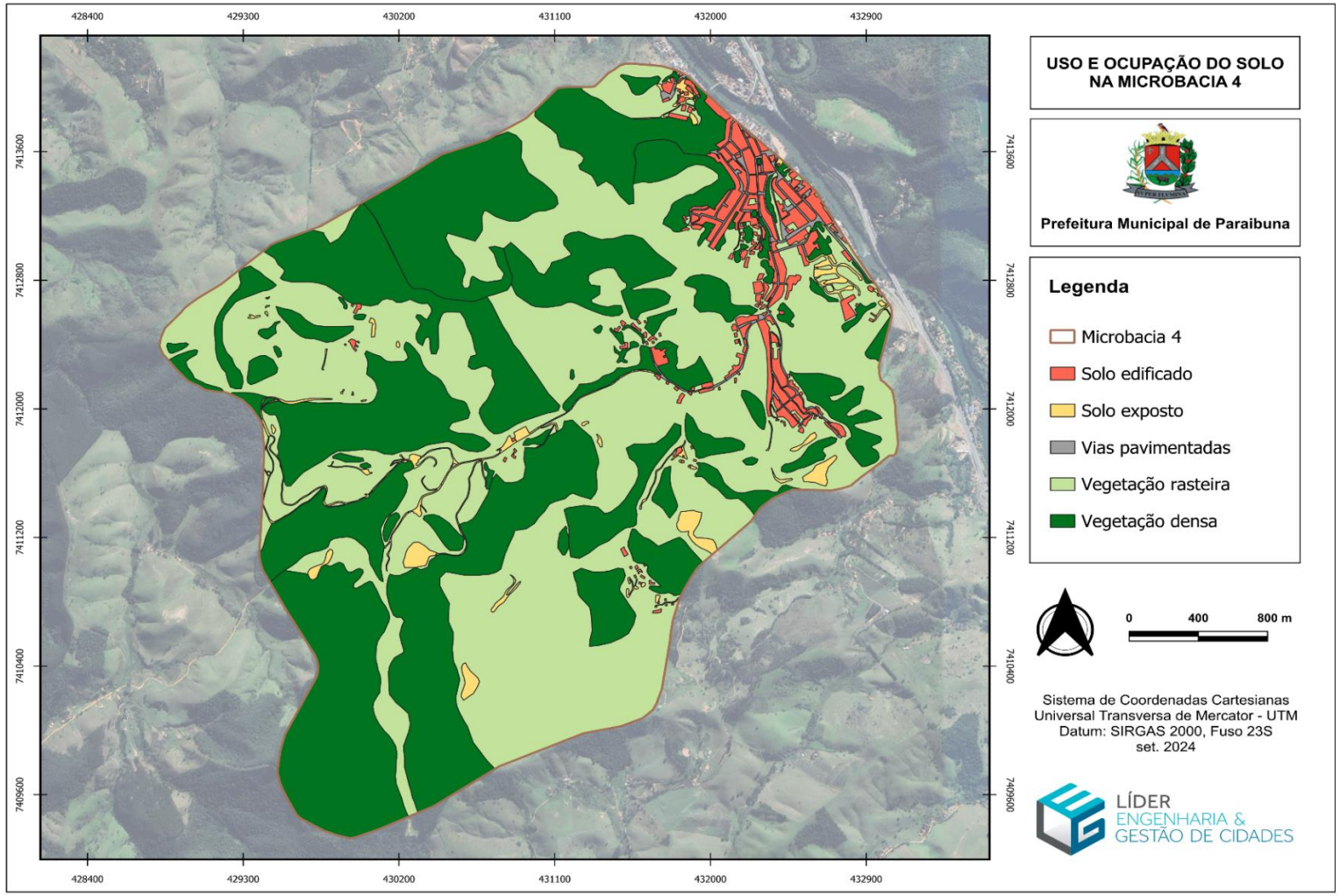


Figura 78 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 4.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

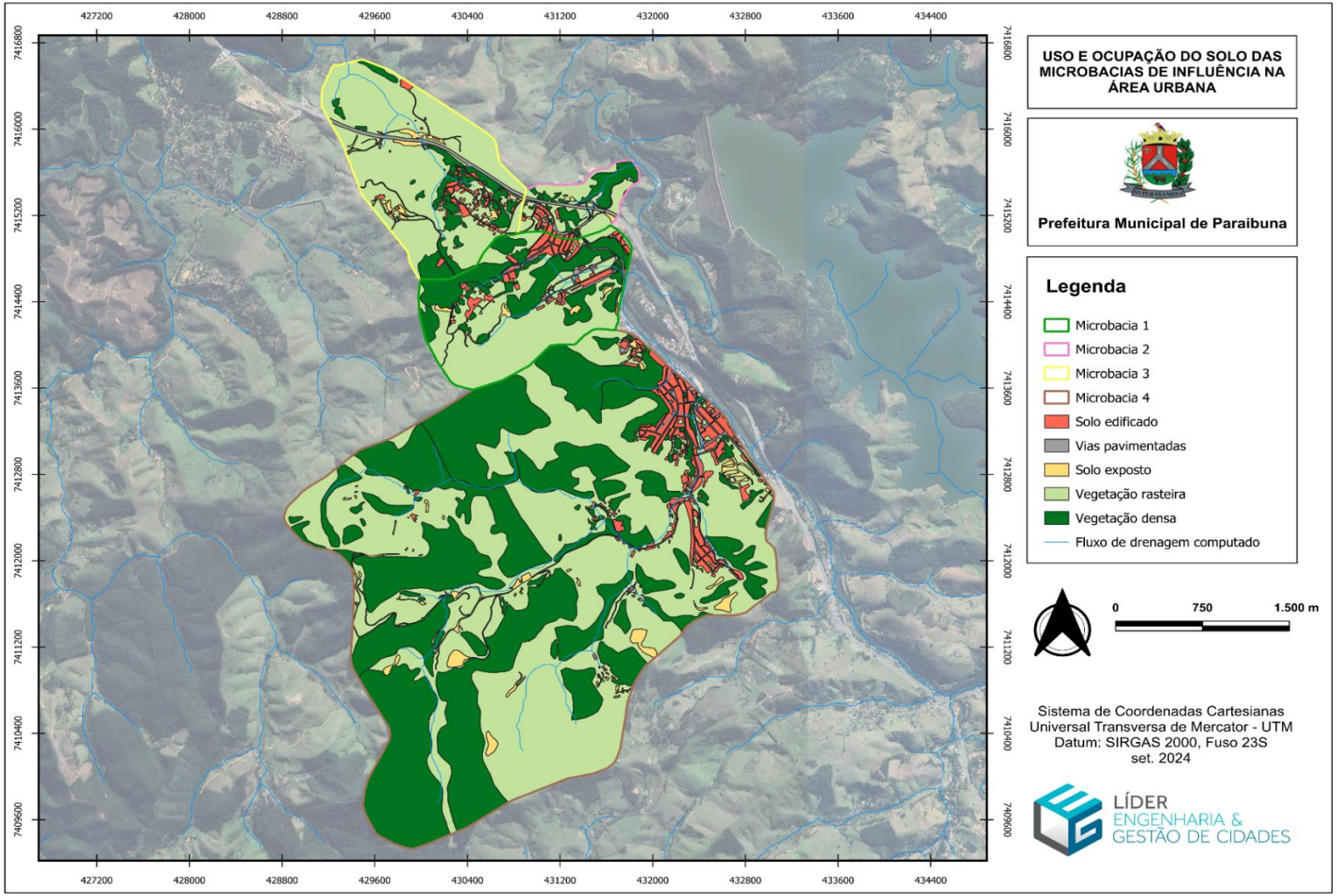


Figura 79 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo das Microbacias de Influência na Área Urbana do Município de Paraibuna.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A partir da análise dos mapas de uso e ocupação do solo das microbacias, bem como das áreas de cada classe que foram coletadas, é possível inferir sobre as características de drenagem para as microbacias alvo do estudo.

A análise das classes de uso e ocupação do solo nas quatro microbacias urbanas de Paraibuna revela uma predominância de áreas com alta permeabilidade (vegetação densa e rasteira) em comparação às áreas de solo impermeável (áreas edificadas, expostas e pavimentadas).

A microbacia 1 apresenta 13% de solo impermeável, enquanto 87% da área é composta por vegetação, sugerindo uma condição favorável para a infiltração de água.

A microbacia 2, embora seja a menor entre as analisadas, registra a maior taxa de impermeabilidade do solo (19%), com aproximadamente 10% de sua área representada por vias pavimentadas devido à Rodovia dos Tamoios, o que indica uma maior suscetibilidade à rápida concentração de escoamento superficial.

Nas microbacias 3 e 4, observa-se uma menor proporção de áreas impermeáveis, com 11% e 6%, respectivamente. No entanto, é na microbacia 4 que se identificam os maiores problemas de drenagem, particularmente relacionados a inundações ao longo do Córrego Laranjeiras-Lavapés.

A ausência de mata ciliar em grande parte das margens do córrego e a presença de construções próximas ao curso hídrico contribuem significativamente para o aumento do risco de alagamentos nessa região, mesmo com um baixo percentual de impermeabilidade geral na bacia.

Em conclusão, apesar de a maioria das microbacias urbanas de Paraibuna apresentar um bom índice de permeabilidade do solo, características específicas, como a presença de infraestrutura viária e a ausência de mata ciliar, especialmente na microbacia 4, são fatores críticos que afetam negativamente o sistema de drenagem local.

Isto indica a necessidade de intervenções voltadas para a recuperação da vegetação ripária e a gestão adequada do uso e ocupação do solo, com vistas a mitigar os riscos de enchentes e melhorar a resiliência hídrica do município.

Chuvas Intensas

As equações de chuvas intensas são fórmulas que dependem de estudos hidrológicos realizados na região de estudo. Esses estudos têm por objetivo a obtenção de uma equação que melhor descreve o regime de chuvas do local. No caso do município de Paraibuna, a relação, segundo Nascimento (2018), é possível calcular pela equação a seguir.

$$i = \left\{\left[(aLn(T) + b).Ln\left(t + (\delta/60)\right)\right] + [cLn(T) + d]\right\}/t$$

Onde:
i é a intensidade da chuva (mm/h)
T é o tempo de retorno (anos)
t é a duração da precipitação (horas)
a, b, c, d, δ são parâmetros da equação

A equação de chuvas intensas para o município de Paraibuna e o valor dos coeficientes foram obtidos através do Atlas Pluviométrico do Brasil, elaborado pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil), onde são definidas as curvas IDF (Intensidade, Duração e Frequência) para diversas localidades do país. Os autores do trabalho em questão foram Jean Ricardo da Silva do Nascimento, José Alexandre Moreira Farias e Eber José de Andrade Pinto, elaborado no ano de 2018.

Os dados pluviográficos e pluviométricos foram utilizados para obtenção da equação de chuvas intensas. As séries históricas de intensidades máximas médias de precipitação, correspondentes às diversas durações, foram submetidas à análise estatística a fim de identificar o modelo probabilístico que apresentasse melhor ajuste aos dados chegando aos valores apresentados na tabela abaixo.

A estação utilizada para demonstração da equação possui o código 02345034, está localizada na Latitude 23°22'00,12"S e Longitude 45°41'59,88"O (ANA), no município de Paraibuna. A equação em questão possui duas variáveis em relação aos coeficientes utilizados, uma para durações de precipitação (t) entre 10 minutos e 1 hora e outra utilizada para durações superiores a 1 hora e inferiores a 24 horas, conforme explicitado na Tabela 48.

Tabela 48 - Coeficientes da equação da chuva – Estação Alferes.

Município	Estação	Duração da precipitação	a	b	c	d	&
Paraibuna	Alferes	10min ≤ t ≤ 1h	3,8222	16,1512	8,1436	34,5094	5,8
Paraibuna	Alferes	1h < t ≤ 24h	1,6196	6,8397	10,0616	42,6281	-37,2

Fonte: Nascimento, 2018 / CPRM. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A tabela abaixo mostra as chuvas intensas para os diferentes tempos de retorno.

Tabela 49 - Valores da Equação de intensidade da chuva.

Bacia	Tc (min)	Intensidade para Diferentes TR (mm/h)			
		5 anos	10 anos	50 anos	100 anos
Microbacia 1	63,01	48,4	54,16	67,49	73,23
Microbacia 2	110,20	123,20	153,41	166,42	110,20
Microbacia 3	73,30	81,98	102,14	110,82	73,30
Microbacia 4	28,83	32,24	40,18	43,60	28,83

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A intensidade da precipitação indica a quantidade (altura) precipitada em determinado tempo. Já o conceito de período de retorno (TR) pode ser expresso como o “número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica igualada ou ultrapassada apenas uma vez” (NBR 10.844).

O tempo de duração de chuva foi adotado como geralmente ocorre na drenagem urbana, sendo igual ao tempo de concentração da seção analisada das bacias.

Métodos para Cálculos da Vazão

Partes integrantes dos métodos de transformação de chuva em vazão são os métodos de separação do escoamento. As águas pluviais, ao atingirem a superfície terrestre, têm dois caminhos principais a seguir: infiltrar no solo ou escoar superficialmente.

Para determinação da parcela das alturas precipitadas que escoam superficialmente, foram desenvolvidos diversos métodos de estimativa. Os mais conhecidos são:

- Coeficiente de *run off*;
- Método Racional;
- Índice (teta);
- SCS (*Soil Conservation Service*);
- Horton;
- *Green & Ampt*;
- I-Pai-Wu.

O Método Racional é o mais comum para a determinação da vazão de projeto de bacias naturais é a partir de procedimentos estatísticos. Já para o cálculo de vazão de projeto para pequenas bacias são aplicados modelos de transformação chuva-vazão (ou indiretos), nos quais a vazão é calculada a partir das chuvas. Para o uso desse modelo, a bacia precisa ter as seguintes características:

• A bacia deve ter características físicas homogêneas;
• Em toda a área de drenagem da bacia, a precipitação deve ser uniforme;
• Bacias com área até 2,0 km².

O método é usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo. A fórmula, a seguir, apresenta a forma de calcular a vazão de pico pelo Método Racional:

$$Q = \frac{C.i.A}{3{,}6}$$

sendo:

Q – Vazão de pico (m³/s);

i – intensidade máxima da chuva (mm/h);

C – Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A – área de drenagem da bacia (km²).

Os valores do coeficiente “C”, no Método Racional, referem-se ao coeficiente de escoamento superficial, que é convencionado de acordo com as características fisiográficas das bacias urbanas.

O método racional é um dos mais utilizados no território brasileiro. Sua simplicidade de aplicação e resultados obtidos são geralmente satisfatórios, o que o torna bem aceitável uma vez que as condições básicas são atendidas. De acordo com Reis e Lima (2017), o nome do método “Racional” é para contrapor os métodos antigos que eram empíricos e, portanto, não racionais.

O Método I-Pai-Wu é um aprimoramento do Método Racional e considera características da bacia hidrográfica, como seu formato, a distribuição das águas pluviais e sua capacidade de armazenamento. A utilização dessa metodologia apresenta maior grau de precisão, porque relaciona variáveis importantes na formação de uma cheia (SCHLICHTMANN, 2018).

O Departamento de Água e Energia Elétrica - DAEE recomenda o Método Racional para bacias de até 2 km² ou 200 ha, como já citado, e que não disponham de série histórica de dados fluviométricos. Para bacias hidrográficas com áreas acima deste valor, até 30 km², existem outros métodos mais indicados como o Método I-PAI-WU, sendo este que será utilizado neste estudo.

Método I-PAI-WU

O método I-Pai-Wu é definido pela seguinte expressão:

$$Q = 0{,}278.C.I.A*0{,}9.K$$

Em que:

Q = vazão (m^3/s);

C = coeficiente de deflúvio;

I = intensidade de precipitação (mm/h);

A = área da bacia (km^2);

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva.

A obtenção do Coeficiente de deflúvio depende de fatores da bacia hidrográfica analisada, tais como tipo de solo, declividade, uso da terra e condições de cobertura.

Segundo o DAEE (2012), o coeficiente C pode ser determinado pela equação:

$$C = 2/1+F.C2/C1$$

Onde:

C1 = Coeficiente de forma da bacia,

C2 = Coeficiente volumétrico de escoamento e

F = Fator de forma.

Para definição de C1, é necessário obter o valor de F, com a seguinte equação:

$$F = L/2.(A/\pi)^{1/2}$$

$$C1 = 4 / 2 + F$$

Onde:

A = Área da bacia contribuinte (km^2) e

L = Comprimento do talvegue do curso d'água (km).

O Fator de Forma é dado como sendo a razão entre a largura média da bacia e o comprimento no sentido axial da mesma. O comprimento axial é

medido da saída da bacia até seu ponto mais remoto, seguindo-se as grandes curvas do rio principal, sem considerar os meandros.

A largura média é obtida dividindo-se a área da bacia em faixas perpendiculares, onde o polígono formado pela união dos pontos extremos dessas perpendicularidades se aproxime da forma da bacia real. Pode ser também obtido pela seguinte fórmula:

$$Ff = B/L$$

Onde:

L: comprimento da bacia

B: largura média, obtida pela fórmula:

$$\frac{1}{n} \bullet \sum_{1}^{n} Bi$$

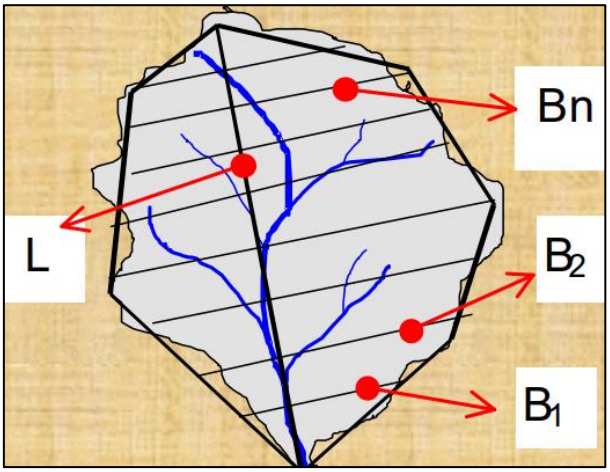


Figura 80 - Determinação da largura média da bacia.
Fonte: Hidromundo, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo com o DAEE (2012) o coeficiente volumétrico de escoamento (C2) está relacionado com grau de impermeabilidade da superfície do solo. Podemos adotar o C2 de acordo com as características de cada microbacia utilizando a tabela abaixo.

Tabela 50 - Valores para determinação de C2.

USO DO SOLO OU GRAU DE URBANIZAÇÃO	VALORES DE C	
	MÍNIMOS	MÁXIMOS
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos etc.	0,20	0,35

Fonte: DAAE, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O coeficiente de distribuição espacial da chuva, K, é em função do tempo de concentração das chuvas e da área de drenagem. Seu valor pode ser obtido através do gráfico a seguir extraído do manual “Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de I-Pai-Wu” (São Paulo, 1999).

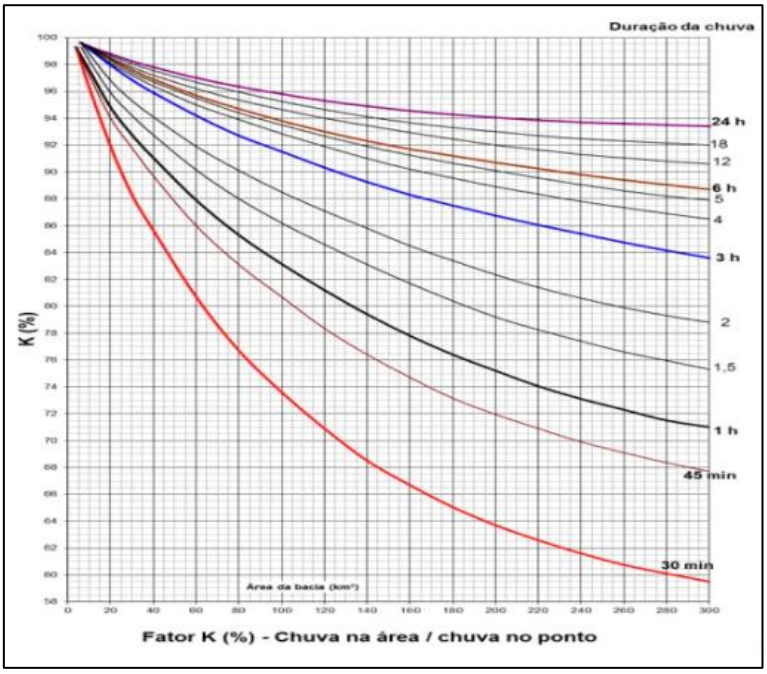


Figura 81 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).
Fonte: Diretrizes de Projetos para Estudos Hidrológicos – Método de I-Pai-Wu, 1999. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Nesse sentido, a tabela abaixo demonstra as vazões estimadas pelo Método I-PAI-WU.

Tabela 51 - Vazões para diferentes Tempos de Retorno pelo Método I-PAI-WU.

Microbacias	Vazão de Projeto Método I-PAI-WU (m³/s)			
	5 Anos	10 Anos	50 Anos	100 Anos
1	5,59	6,26	7,8	8,46
2	4,56	5,1	6,35	6,88
3	10,83	12,11	15,09	16,37
4	20,85	23,32	29,06	31,54

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.4.3. Erosão

A erosão é um fenômeno natural, em que a superfície terrestre sofre desgaste e se afeiçoa por ação de processos físicos, químicos e biológicos (SUGUIO, 2003). Pode ser definido como o processo de desagregação, transporte, e deposição de partículas de solo pela ação do vento, da água e de outros agentes (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005; MORGAN, 2005; WISHMEIER e SMITH, 1978).

Esses agentes agem na superfície terrestre quebrando as partículas de solo dispersando-as para regiões diferentes dos locais de origem, sendo que esse processo pode ser acelerado pela ação antrópica por meio de práticas de uso e manejo inapropriados.

Existem duas classes distintas de erosão: a erosão acelerada, advinda das atividades antrópicas e a erosão geológica, ou natural. A primeira é caracterizada pelo alto poder destrutivo em curto intervalo de tempo, enquanto a segunda é um processo lento e contínuo da evolução da superfície terrestre. A erosão do solo, quando ocorre de forma acelerada, torna-se um problema ambiental no que se refere a ocupação para práticas agropecuárias e florestais, o que afeta sua capacidade produtiva.

O processo erosivo reduz a porosidade do solo, interferindo em sua capacidade de retenção e infiltração da água, aumentando o escoamento superficial, transporte de sedimentos e assoreamento de corpos de água (DURÃES e MELLO, 2016).

Além dos agentes naturais do intemperismo, as atividades humanas podem acelerar o desenvolvimento dos processos erosivos de forma expressiva

através do desmatamento, abertura de estradas, modificações do regime de fluxo de água natural, como em barragens, canalização de rios e redes de drenagem mal dimensionadas.

É importante considerar que, nas áreas de erosões intensas e instabilidade, devem ser elaborados estudos e monitoramento para evitar desastres, assim como ampliar as ações que visam a recuperação destas áreas.

Figura 82 - Exemplo de ravinas.
Fonte: Brasil Escola. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Enquanto as voçorocas são normalmente encontradas em áreas com solos frágeis e muita chuva. A água da chuva corre pelas voçorocas, levando consigo grandes quantidades de terra e detritos. Isso pode causar a formação de voçorocas muito grandes e profundas, onde em níveis mais avançados do processo erosivo pode comprometer construções e estradas.

Figura 83 - Exemplo de voçoroca.
Fonte: Mannarino, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo com o exposto, segue o mapa de suscetibilidade a erosão hídrica no Brasil e os mapas que indicam a suscetibilidade a formação de ravinas e voçorocas no município de Paraibuna, de acordo com dados disponibilizados pelo Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA) vinculado à Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo (SEMIL).

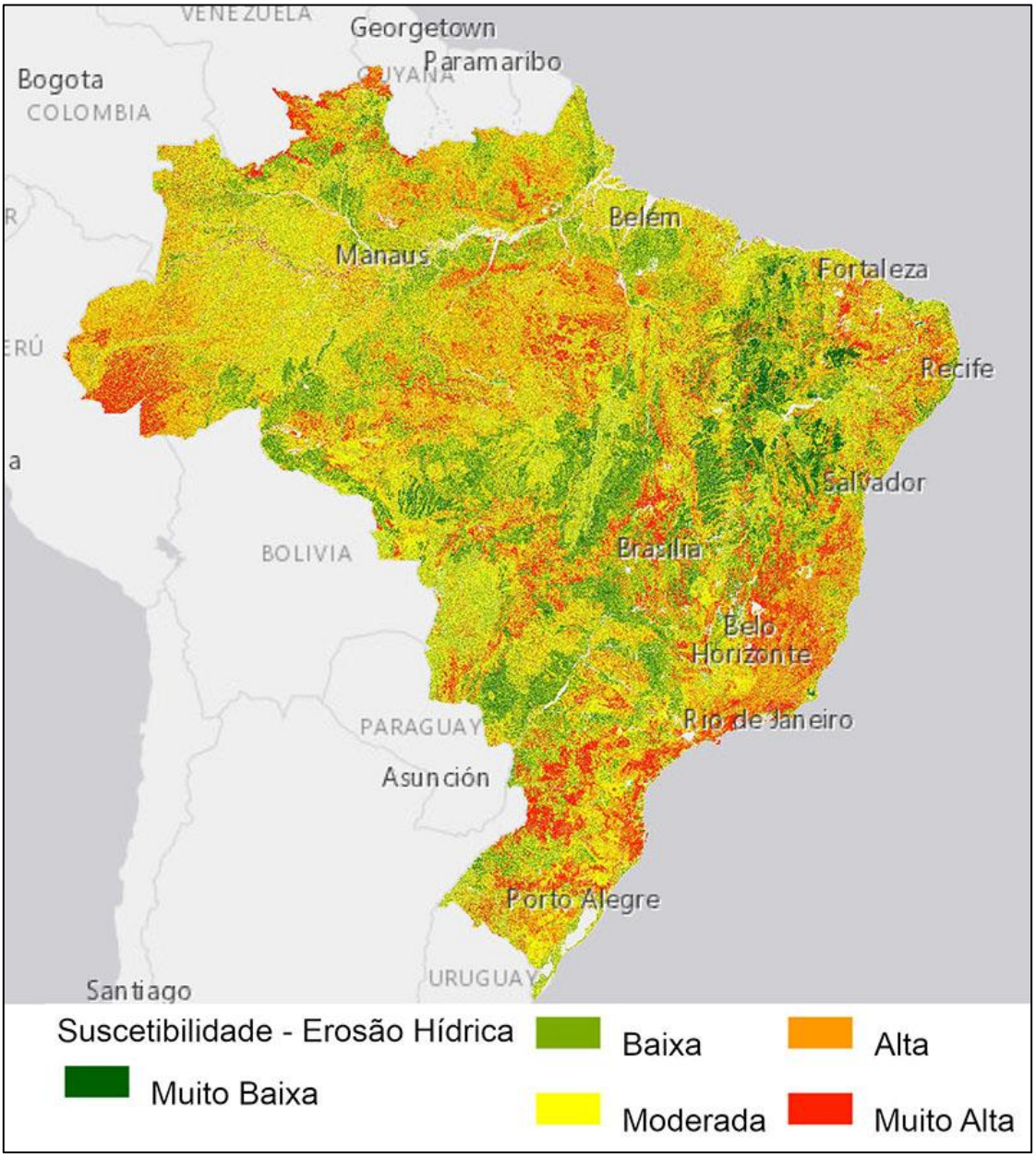


Figura 84 - Suscetibilidade a erosão hídrica no Brasil.
Fonte: Embrapa, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

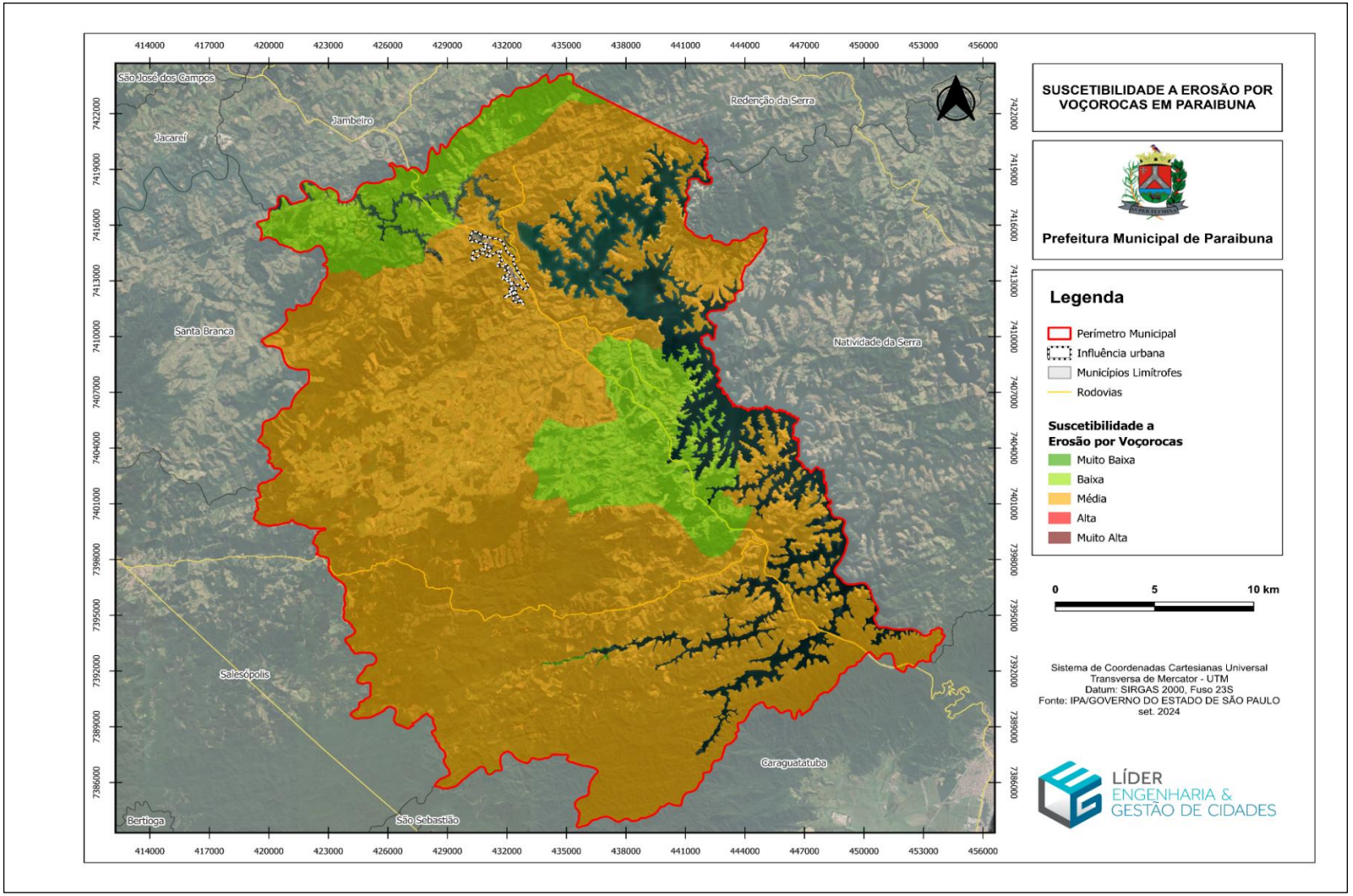


Figura 85 - Suscetibilidade a erosão por voçorocas em Paraibuna.
Fonte: IPA / GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

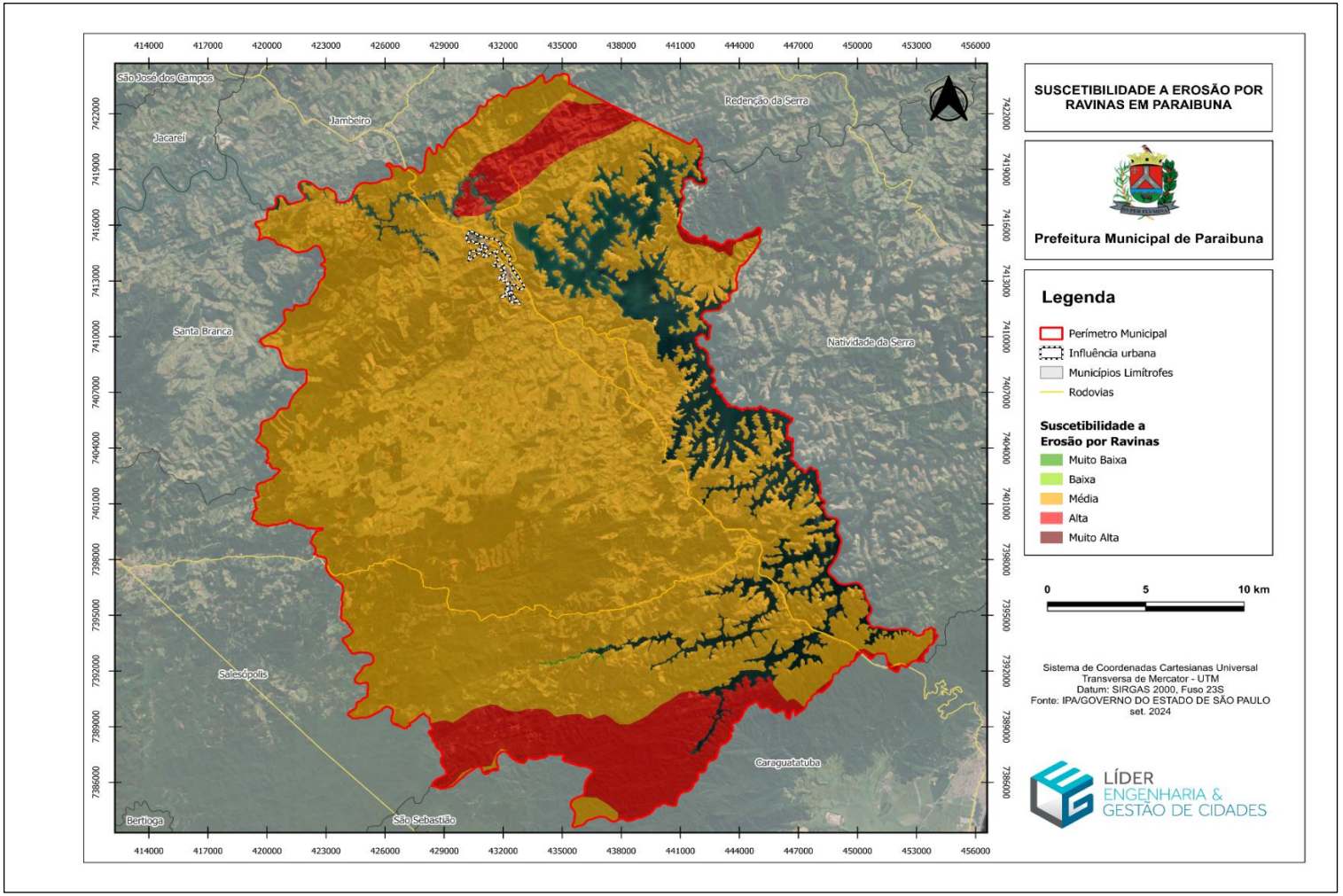
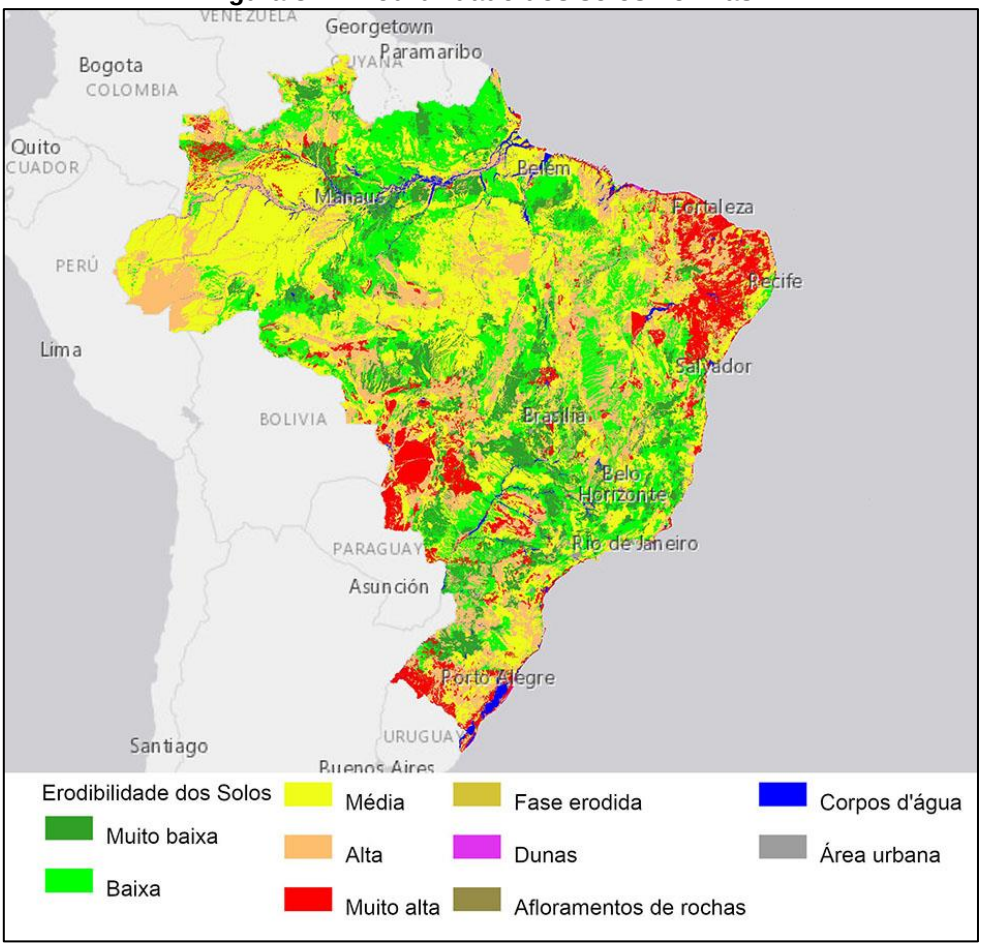


Figura 86 - Suscetibilidade a erosão por ravinas em Paraibuna.
Fonte: IPA / GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Enquanto a erosão é a remoção de partículas do solo pela ação da água ou vento, a erodibilidade é a capacidade de um solo ser mais ou menos suscetível a processos erosivos. Esta capacidade encontra-se diretamente relacionada com as propriedades físicas, químicas, mecânicas e estruturais do tipo de solo em questão.

A erodibilidade do solo é influenciada por uma série de fatores, como a textura do solo, a estrutura do solo, a presença de matéria orgânica e a cobertura. Solos arenosos são mais suscetíveis à erosão do que solos argilosos, assim como solos com baixa estrutura. A matéria orgânica ajuda a melhorar a estrutura do solo e a reduzir a erodibilidade. A cobertura vegetal também ajuda a proteger o solo da erosão, pois impede a água da chuva de atingir diretamente o solo. Abaixo segue a figura que expõe a erodibilidade dos solos no território nacional e no estado de São Paulo, respectivamente.

Figura 87 - Erodibilidade dos solos no Brasil.



Fonte: Embrapa, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

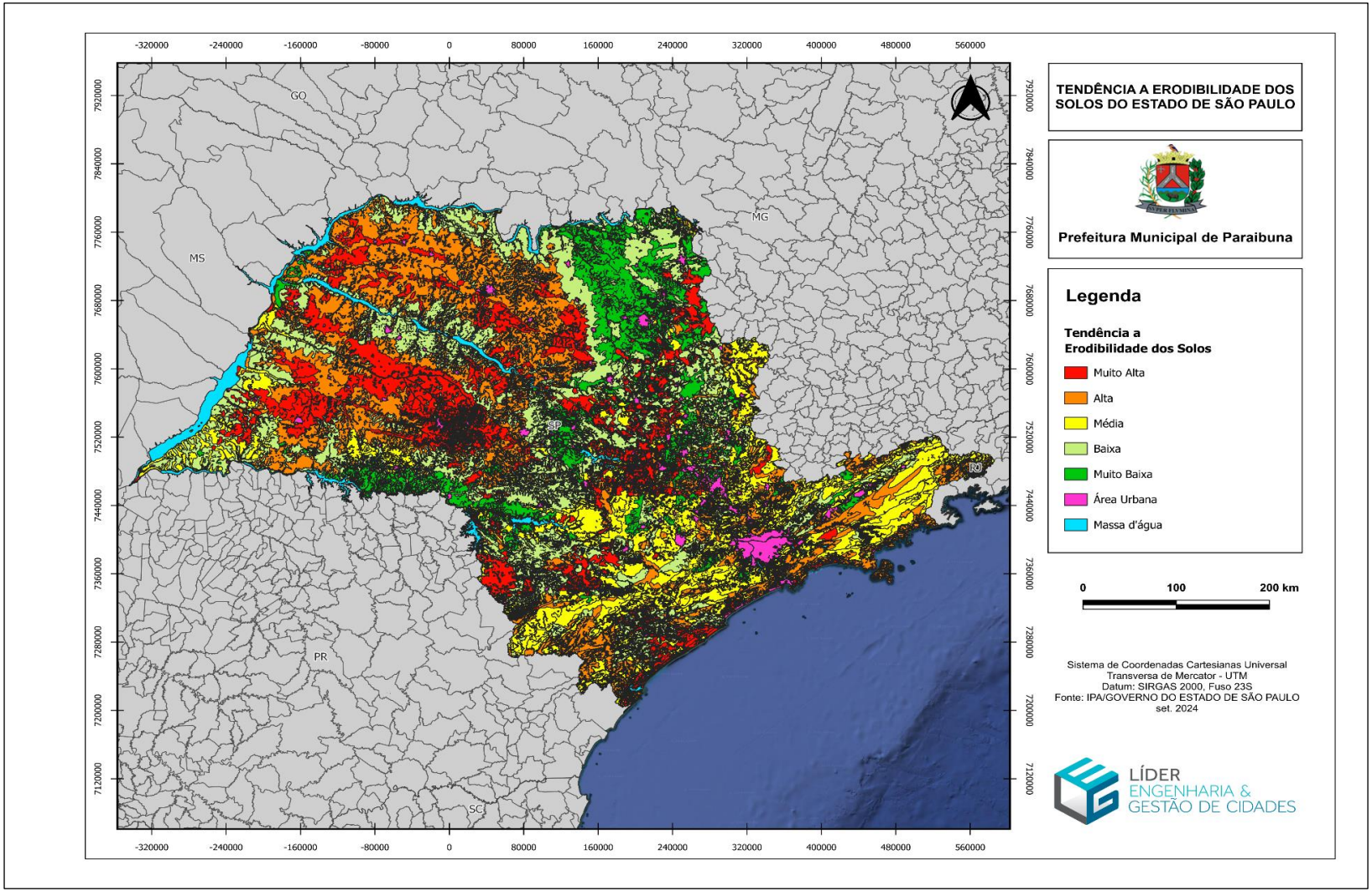


Figura 88 - Erodibilidade dos solos no Estado de São Paulo.
Fonte: IPA / GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Como observado no mapa que expõe a pedologia do município de Paraibuna, a maior parte da extensão territorial é formada pelas classes de Argissolo e Latossolo.

O solo tipo Argissolo, encontrado em diferentes regiões do Brasil, é considerado suscetível à erosão devido a algumas características físicas e químicas. Essa suscetibilidade é influenciada por fatores como o tipo de material de origem, a topografia, o tipo de vegetação e a intensidade das chuvas. De acordo com Lepsch (2002), os Argissolos são formados a partir de depósitos de material de origem coluvial ou aluvial, como sedimentos fluviais e vulcânicos.

Durante o processo de formação, esses solos passam por uma intensa lavagem de íons e são compostos principalmente por argila, silte e areia. Esse alto teor de argila torna o solo mais propenso à erosão, pois a água da chuva tem maior dificuldade em infiltrar, facilitando o escoamento superficial e, consequentemente, as perdas de solo. Um aspecto importante a ser considerado é a topografia.

Segundo Silva *et al*. (2012), áreas com declividades acentuadas apresentam maior risco de erosão em Argissolos, uma vez que as chuvas ocorrem em maior intensidade e o escoamento da água é mais rápido. Em contrapartida, áreas mais planas possibilitam uma infiltração maior de água no solo, reduzindo o risco de erosão. A vegetação também desempenha um papel fundamental na suscetibilidade do solo à erosão.

Segundo Silva *et al.* (2012), áreas com cobertura vegetal mais densa, como florestas e pastagens bem manejadas, contribuem para a estabilidade do solo. As plantas atuam como um "escudo", minimizando o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo e retardando o escoamento superficial. No entanto, quando a vegetação natural é removida para dar lugar a atividades agrícolas ou pecuárias intensivas, a suscetibilidade do solo a erosões aumenta consideravelmente.

De acordo com Dias Junior *et al.* (2014), as áreas com cultivos extensivos e práticas inadequadas de manejo, como o uso excessivo de agrotóxicos e a queima da palha, ficam mais expostas à ação erosiva da chuva. Cabe ressaltar que a suscetibilidade do solo tipo Argissolo à erosão também está relacionada à intensidade das chuvas.

Conforme Araújo *et al.* (2018), chuvas mais intensas tendem a provocar maior desagregação do solo e maior volume de escoamento superficial, aumentando o risco de perdas de solo. De face com o exposto, o solo tipo Argissolo pode ser considerado suscetível à erosão devido à sua composição, declividade, cobertura vegetal e intensidade das chuvas.

Além dos agentes naturais do intemperismo, as atividades humanas podem acelerar o desenvolvimento dos processos erosivos de forma expressiva através do desmatamento, abertura de estradas, modificações do regime de fluxo de água natural, como em barragens, canalização de rios e redes de drenagem mal dimensionadas.

É importante considerar que, nas áreas de erosões intensas e instabilidade, devem ser elaborados estudos e monitoramento para evitar desastres, assim como ampliar as ações que visam a recuperação destas áreas.

2.4.4. Indicadores de Drenagem

Para avaliação da existência e qualidade da prestação de serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, alguns indicadores para uma caracterização geral da situação estão relacionados. Eles permitem a identificação da existência do sistema e percentual de atendimento do mesmo, assim como de problemas advindos com a falta e inadequação da drenagem urbana.

Posteriormente, de acordo com a situação e caracterização deste setor, indicadores referentes à manutenção do sistema, limpeza e desobstrução de galerias, podem ser incorporados. Da mesma forma, com a implantação e ampliação do sistema de drenagem, indicadores podem ser previstos para o monitoramento da qualidade da água resultante do sistema de galerias das águas pluviais.

Através de análises de alguns parâmetros nas saídas dos emissários, como por exemplo, de nitrogênio, fósforo, DBO, sólidos totais, dentre outros, é possível obter uma análise qualitativa e quantitativa sobre as regiões com ligações clandestinas na rede pluvial. Assim, os indicadores contribuirão para a

avaliação da poluição difusa e de problemas com a existência de ligações clandestinas de esgoto no sistema de drenagem urbana.

No entanto, para o Município de Paraibuna, observou-se que não há um banco de dados capaz de formular os indicadores necessários para apresentar os serviços prestados. A necessidade de criação e alimentação de uma base de dados referentes as informações dos indicadores será mais bem abordada na etapa de Prognóstico.

Neste sentido, serão apresentados indicadores de manejo e drenagem das águas pluviais do município de Paraibuna disponibilizados pelo SNIS 2022.

Tabela 52 - Indicadores de manejo e drenagem das águas pluviais de Paraibuna

ITEM	INDICADOR	QUANTIDADE	UNIDADE
IN009	Despesa Média Praticada para os Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas	60,00	Reais/Edificações/Ano
IN048	Despesa per capita com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas	-	Reais/Habitante/Ano
IN049	Investimento per capita em drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas	-	Reais/Habitante/Ano
IN047	Habitantes Realocados em Decorrência de Eventos Hidrológicos	-	Pessoas / 100.000 Habitantes
IN041	Parcela da População Impactada por Eventos Hidrológicos	-	Percentual
IN042	Parcela de área urbana em relação à área total	2,47	Percentual
IN020	Taxa de Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município	75	Percentual
IN021	Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana	25	Percentual

IN025	Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes em Área Urbana com Parques Lineares	0,10	Percentual
IN026	Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Canalização Aberta	0	Percentual
IN027	Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Canalização Fechada	12,5	Percentual
IN029	Parcela de Cursos d'Água Naturais Perenes com Diques	6,90	Percentual

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

2.4.5. Sistemas de Macrodrenagem

A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. Quando é mencionado o sistema de macrodrenagem, as áreas envolvidas são de pelo menos 2 km² ou 200 ha. Estes valores não devem ser tomados como absolutos, pois a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações. O sistema de macrodrenagem deve ser projetado com capacidade superior ao de microdrenagem, com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais (PMPA, 2005).

As localidades ribeirinhas apresentam ocupações irregulares consideráveis, resultando em problemas nos leitos dos rios. Os rios geralmente possuem dois leitos: o leito menor, onde a água escoa na maior parte do tempo; e o leito maior, que pode ser inundado de acordo com a intensidade das chuvas. O impacto devido à inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita a enchentes (PMPA, 2005).

No município de Paraibuna, não existem obras de macrodrenagem voltadas para a canalização dos rios e córregos que atravessam a área urbana.

No entanto, conforme observado durante a visita técnica, estão em andamento intervenções relacionadas ao alargamento do Córrego, conforme ilustrado na Figura 89.

Figura 89 - obras relacionadas à melhoria do sistema de drenagem no município.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Estas obras visam aumentar a capacidade de escoamento do córrego, que frequentemente apresenta pontos críticos de inundação durante eventos de chuvas intensas. Adicionalmente, está em fase de elaboração um estudo para a remoção e realocação das propriedades e moradores situados nas proximidades de cursos d'água que apresentam recorrentes problemas de alagamento.

2.4.6. Sistemas de Microdrenagem

Levando em consideração os componentes do sistema de microdrenagem urbana, podem-se considerar as vias públicas e, consequentemente, as sarjetas, uma das partes mais significativas do escoamento superficial das águas pluviais, uma vez que a maioria das águas,

que precipita nos lotes, vai para estas vias e escoam para as captações (bocas de lobo) e, em seguida, para os cursos d'água.

Devem ser estudados diversos traçados de rede de galerias, considerando os dados topográficos existentes e o pré-dimensionamento hidrológico e hidráulico. A definição da concepção inicial é mais importante para a economia global do sistema do que os estudos posteriores de detalhamento do projeto e de especificação de materiais.

A microdrenagem urbana refere-se ao sistema de coleta, transporte e descarga das águas pluviais que se acumulam nas vias e áreas urbanas durante as chuvas.

Neste contexto, é essencial que as redes de drenagem sejam projetadas e dimensionadas corretamente. Adotar as normas técnicas vigentes para o dimensionamento e o projeto das redes, levando-se em consideração fatores como a intensidade das chuvas, a área a ser drenada, os tipos de pavimentos e as características topográficas do local.

Os aspectos como a capacidade de escoamento das águas pluviais, a velocidade do fluxo e a pressão exercida sobre a estrutura também são considerados. O dimensionamento adequado da rede de drenagem é realizado por meio de cálculos hidráulicos e hidrológicos, levando em conta as particularidades da região em questão. Isso garante que a rede seja capaz de suportar a vazão de água durante as chuvas, prevenindo enchentes e alagamentos.

Na Figura 90 são apresentados diversos dispositivos de microdrenagem em vias pavimentadas de Paraibuna, registradas durante visita técnica ao município.

Figura 90 - Dispositivos de Microdrenagem em Paraibuna.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 91 - Dispositivos de microdrenagem na Rua Coronel Francisco Tobias das Neves (Monsenhor Dutra).

Fonte: Google Earth. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Conforme relatos obtidos durante a execução do trabalho, identificaram-se outros pontos na área urbana do município que apresentam problemas relacionados à drenagem da água pluvial. Um exemplo é a Rua Coronel Francisco Tobias das Neves (Monsenhor Dutra), onde os dispositivos de microdrenagem se mostraram insuficientes para atender ao escoamento das águas pluviais.

Conforme evidenciado no mapa que ilustra os fluxos de drenagem, observa-se que um trecho significativo de fluxo atravessa esta rua, demandando atenção especial para adequação e ampliação dos dispositivos existentes, de forma a prevenir alagamentos e melhorar a eficiência do sistema de drenagem local.

2.4.7. Análise Crítica do Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais

A seguir, serão descritos os principais problemas relacionados ao Sistema de Drenagem das Águas Pluviais de Paraibuna, os quais embasarão as soluções propostas no Prognóstico.

- Ausência de banco de dados com cadastro da rede e dispositivos de drenagem;
- Adequação dos dispositivos de microdrenagem na Rua Coronel Francisco Tobias das Neves (Monsenhor Dutra);
- Necessidade de realocação de propriedades do bairro Vila Fátima, as margens da BH do Córrego Laranjeira-Lava-Pés;
- Crescimento desordenado e o povoamento dos loteamentos que são executados de forma irregulares, com áreas irregulares sobre APP.

3. CENÁRIOS DE EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE SANEAMENTO

Nos tópicos que seguem serão expostas as prospectivas estratégicas para cada eixo do saneamento, contemplando as soluções para as problemáticas identificadas no Diagnóstico e o planejamento necessário para atingir a universalização dos serviços, considerando tanto as idiossincrasias da municipalidade como as aspirações sociais identificadas na fase anterior.

Os objetivos, programas, projetos e ações para atingir tanto a universalização como a qualidade dos serviços foram elencados em tabelas sínteses, de acordo com seu setor e objetivo.

As tabelas exibem a fundamentação do objetivo, baseada no Diagnóstico, os métodos de acompanhamento das metas propostas com a definição dos indicadores para a identificação de seu cumprimento e estado de implementação, além da programação de implantação dos programas, projetos e ações em horizontes temporais de curto, médio e longo prazo, identificando as fontes dos recursos financeiros necessários para sua execução.

Estudo Populacional

As metas para a universalização do acesso e a promoção da saúde pública que serão previstas na revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico, visam o horizonte de planejamento de vinte anos. Para isso, se faz necessário conhecer a população do município no final do período determinado.

Diversos são os métodos aplicáveis para o estudo populacional. Neste estudo foram utilizados os métodos de Crescimento, Aritmético, Previsão e Geométrico. Foram utilizados os levantamentos dos anos de 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Com base nos dados do IBGE, realizou-se o estudo da evolução da população total do município por meio dos métodos citados. Os valores na tabela a seguir apresentam os dados de população urbana e rural do município, dos anos de 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022.

É importante destacar que os dados populacionais referentes às áreas rurais e urbanas para o ano de 2022 ainda não foram disponibilizados pelo IBGE, com base no mais recente censo demográfico aplicado.

Tabela 53 - Evolução populacional de Paraibuna nos anos de 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022.

Situação do domicílio	Ano				
	1980	1991	2000	2010	2022
Total	14.126	14.891	17.009	17.388	17.667
Urbana	5.562	5.818	5.295	5.242	-
Rural	8.564	9.073	11.714	12.146	-

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O gráfico abaixo apresenta a distribuição da população do município entre os anos de 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022, conforme os dados disponibilizados pelo IBGE.

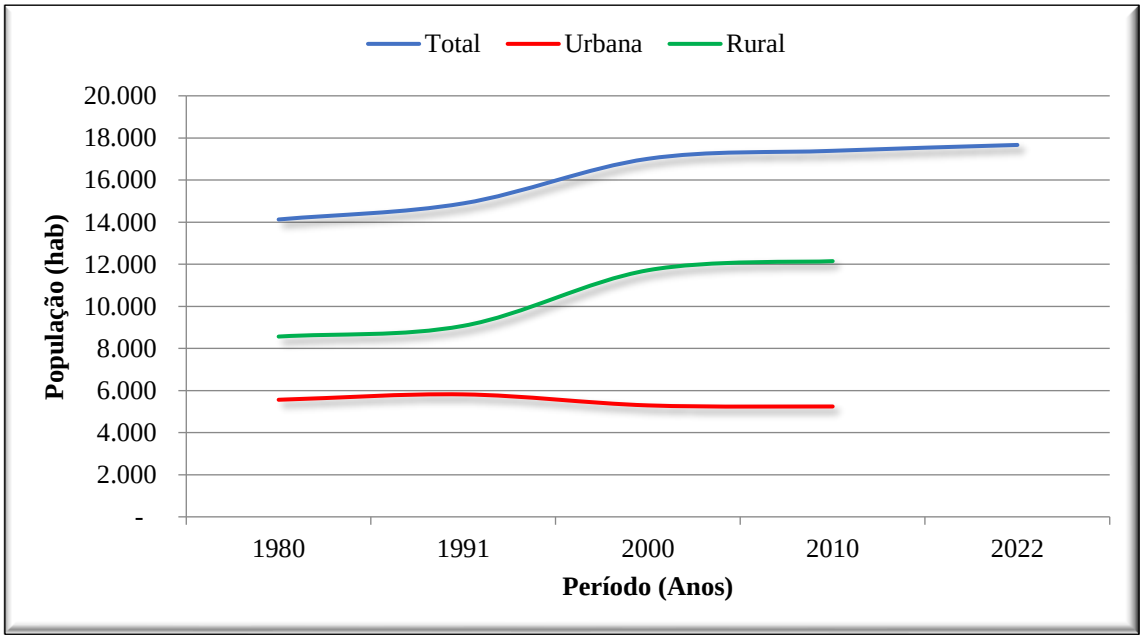


Gráfico 2 - Evolução da população do Município de Paraibuna entre 1980 e 2022.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Já no gráfico a seguir é demonstrado a taxa de crescimento anual dos períodos intercensitários considerando as diferenças entre os anos de 1980 a 1991, 1991 a 2000, 2000 a 2010 e 2010 a 2022. Pode-se averiguar que nos períodos citados obteve-se os valores de 0,48%, 1,49%, 0,22% e 0,13%, respectivamente.

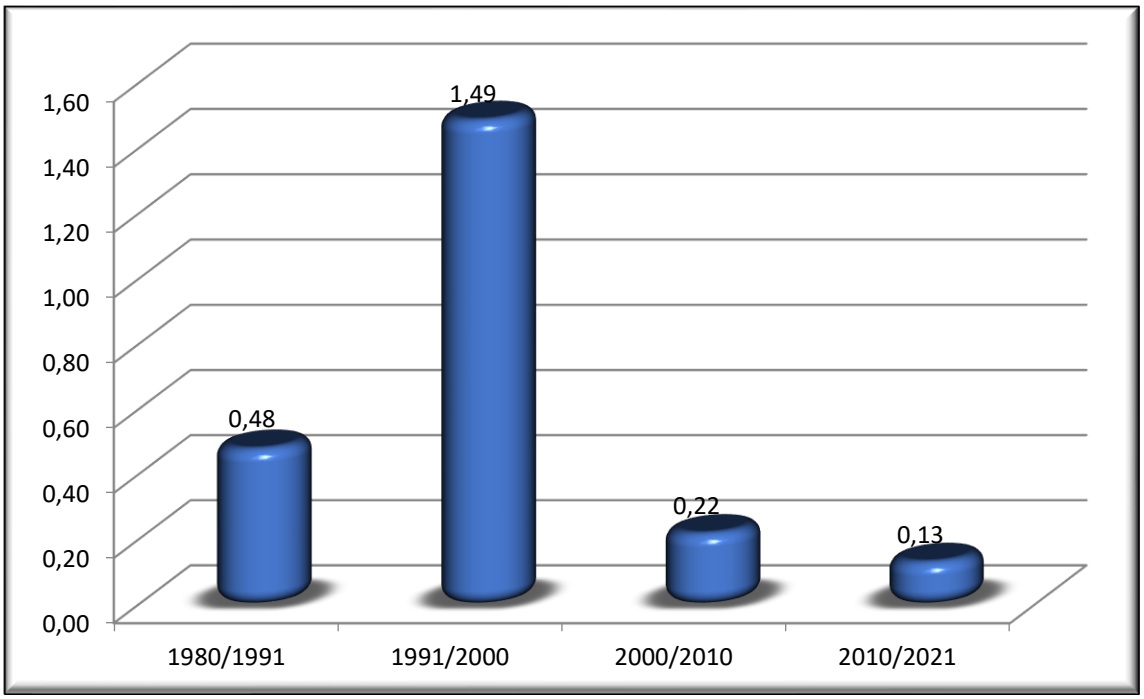


Gráfico 3 - Gráfico com a Taxa de Crescimento.
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A fim de definir qual dos métodos matemáticos mais se adequa a realidade do município, obteve-se as linhas de tendência para os dados do IBGE, através do Software EXCEL, utilizando-se quatro tipos diferentes de curvas: logarítmica, linear, polinomial e exponencial.

A evolução da população e a taxa de crescimento (%) ano a ano, obtidos através do ajuste dos dados do IBGE, são determinadas a partir da curva que melhor se ajusta aos dados do próprio IBGE. Os gráficos que seguem ilustram o estudo populacional e o desvio padrão (R^2) de cada um dos métodos.

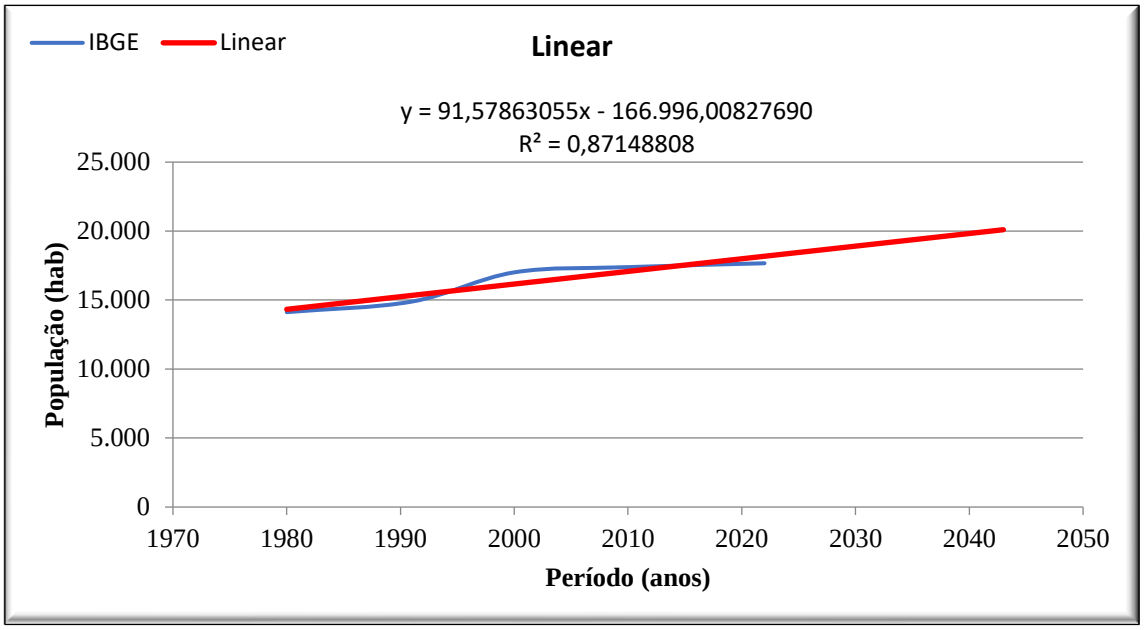


Gráfico 4 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Linear.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

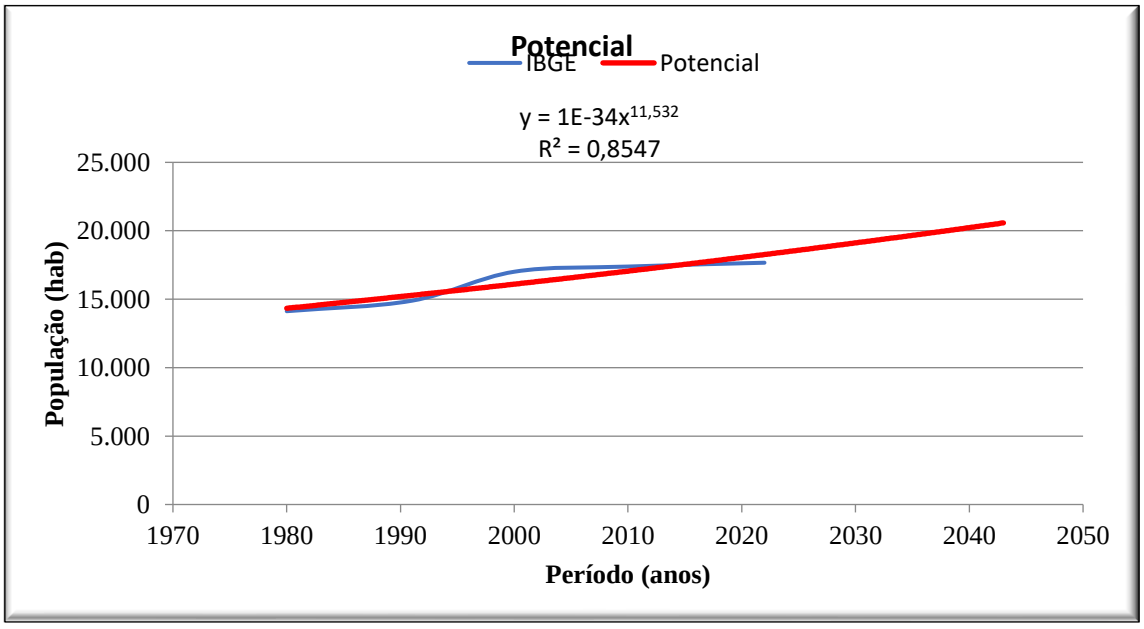


Gráfico 5 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Potencial.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

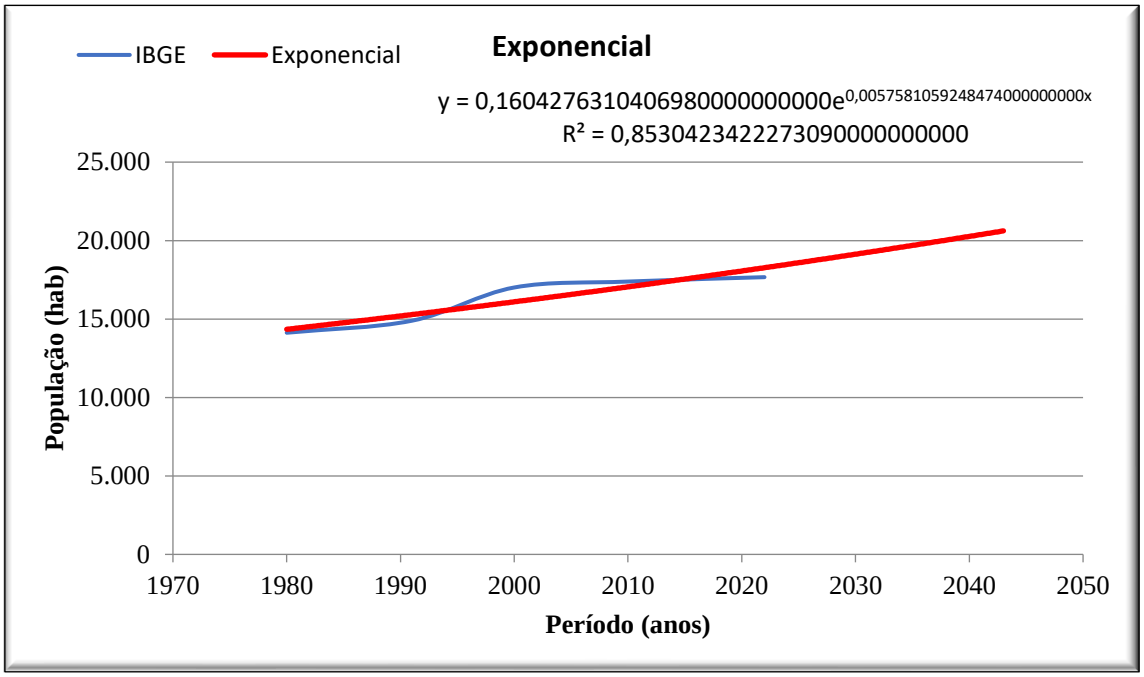


Gráfico 6 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Exponencial.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

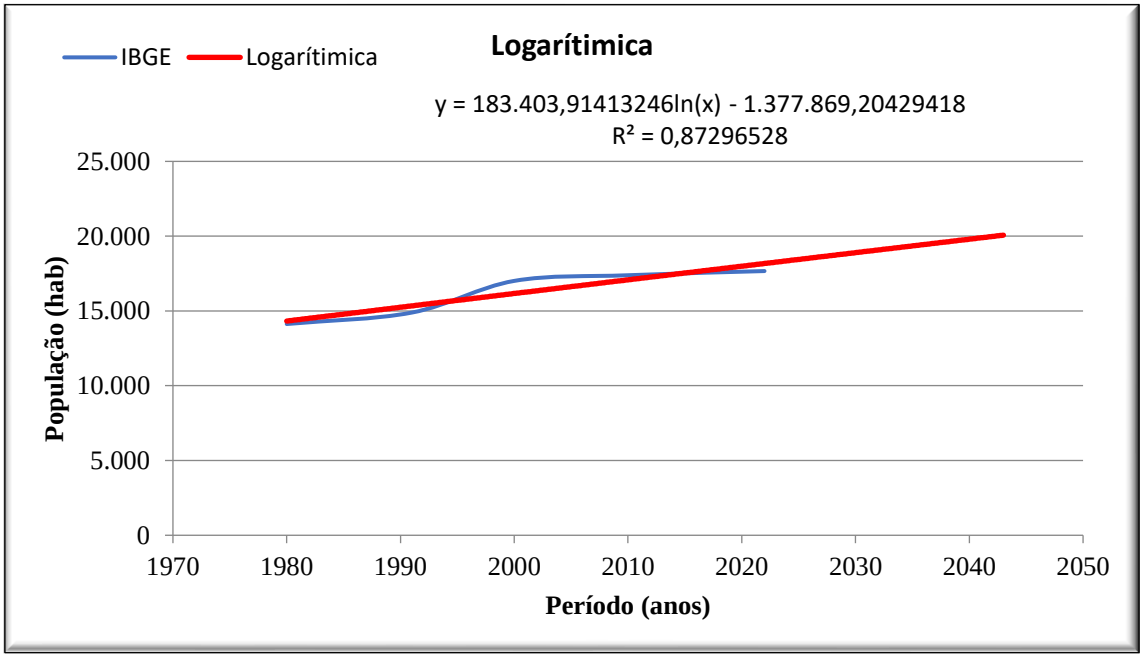


Gráfico 7 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Logarítmica.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

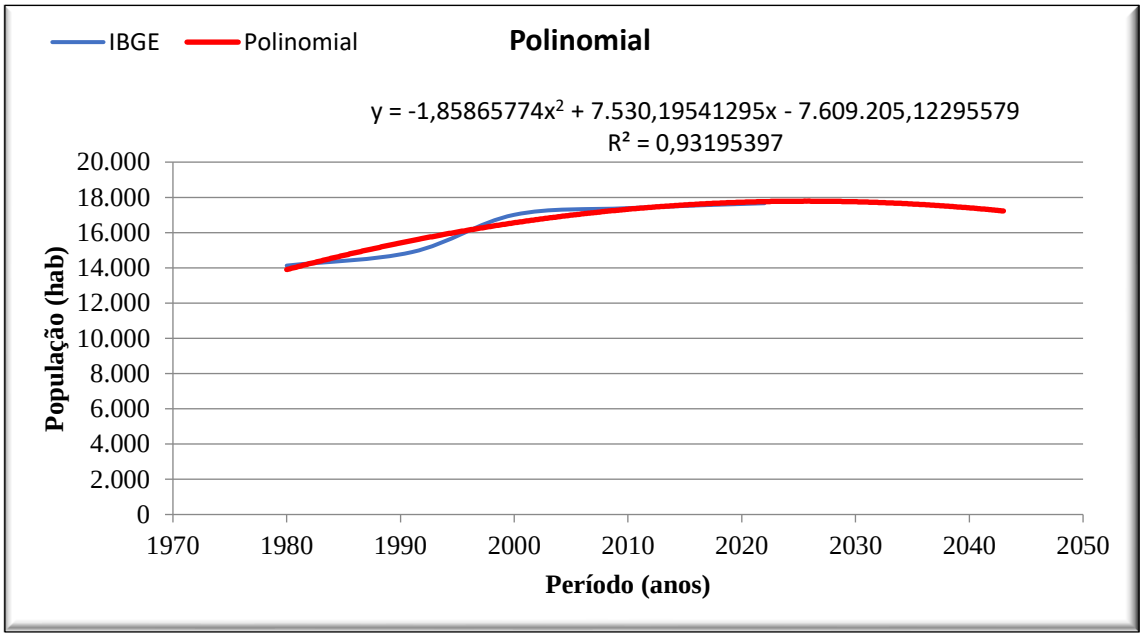


Gráfico 8 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Polinomial.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Sendo assim, a linha de tendência que melhor se ajustou (menor desvio padrão) aos dados do IBGE foi a linha polinomial, que apresentou um R^2 no valor de 0,93195397 resultando na equação:

$$y = -1{,}85865774X^2 + 7.530{,}19541295X - 7.609.205{,}12295579$$

$$R^2 = 0{,}93195397$$

Onde “y” é a população em um determinado tempo “t” e “x” é o ano no mesmo tempo “t”. Após definidas as taxas de crescimento da linha de tendência compara-se os valores com os obtidos por cada método de crescimento. Desta forma, o método dado como o mais aplicável ao comportamento do município é o método Aritmético, sendo este o que retratou melhor a evolução da população e permitiu estimá-la em um horizonte de 20 anos.

Este método apresentou a população para os próximos vinte anos, conforme a tabela a seguir:

Tabela 54 - Projeção da população de Paraibuna até o ano de 2044.

Ano	População
2024	17.714
2025	17.737
2026	17.760
2027	17.783
2028	17.807
2029	17.830
2030	17.853
2031	17.876
2032	17.900
2033	17.923
2034	17.946
2035	17.969
2036	17.993
2037	18.016
2038	18.039
2039	18.062
2040	18.086
2041	18.109
2042	18.132
2043	18.155
2044	18.179

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Ao considerarmos as projeções populacionais realizadas ou mesmo as informações fornecidas pelo IBGE, é possível perceber um pequeno crescimento populacional ao longo dos 20 anos. Neste contexto, é necessário que o Município de Paraibuna esteja preparado para um contingente futuro, garantindo desta forma, uma boa qualidade de vida para seus habitantes.

Vale ressaltar que o estudo aqui proposto, encontra-se relativamente em acordo com a projeção realizada no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS de Paraibuna no ano de 2022,

3.1. Sistema de Abastecimento de Água – SAA

Os cenários de evolução do sistema de abastecimento de água de Paraibuna, parte integrante do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), são projetados para assegurar a eficiência e sustentabilidade dos serviços no longo prazo. A gestão do abastecimento, realizada pelo CAEPA, inclui a sede municipal e os sistemas isolados dos bairros São Germano, Santa Edwiges, Colinas II, Telles, Espírito Santo e Cedro, conforme descrito na etapa de diagnóstico.

Apesar de o abastecimento de água no município ser executado de forma satisfatória, o plano propõe adequações na rede de distribuição e na ampliação do número de ligações para acompanhar o crescimento populacional. Além disso, será contemplada a criação de um sistema próprio para o bairro “Abacaxizeiro”, onde o acesso à água é atualmente limitado em razão da irregularidade das habitações. A mesma situação de deficiência no abastecimento ocorre no bairro Itapeva, localizado na chamada Rota da Luz, um trecho estratégico para o desenvolvimento do turismo na região. Essa carência ressalta a necessidade de investimentos em infraestrutura hídrica para garantir a disponibilidade de água tanto para os moradores quanto para fomentar o potencial turístico local.

Outra ação relevante é a implementação de medidas para reduzir as perdas de água durante a distribuição. Isso inclui melhorias na infraestrutura, como a substituição de tubulações antigas e a implementação de sistemas de monitoramento e controle de vazamentos, que são essenciais para aumentar a eficiência do sistema e garantir um abastecimento mais sustentável.

3.1.1. Projeção de Demanda

O estudo de demanda de vazões para os sistemas de abastecimento de água tem como principal objetivo apontar uma perspectiva do crescimento da demanda de consumo de água no município. Este estudo estabelece a estrutura de análise comparativa entre a capacidade atual e futura de produção de água tratada dos sistemas e o crescimento populacional.

Para tanto, podem ser calculadas as demandas de vazão média, máxima diária e máxima horária, a partir da estimativa populacional já apresentada, do índice de perdas na distribuição e do consumo per capita. Também são calculadas demandas de reservação, número de ligações de água e extensão de rede. Para a determinação da vazão média é utilizada a seguinte expressão:

$$Qméd = \frac{P \,.\, C}{86400}$$

sendo:

Qméd. = Vazão Média (L/s);

P = População Inicial e Final;

C = Consumo per capita (L/hab.dia).

A vazão máxima diária é obtida com aplicação da seguinte fórmula:

$$Qmaxd = Qmed \,.\, k1$$

sendo:

Qmaxd = Vazão máxima diária (L/s);

K1 = Coeficiente de Consumo máximo Diário;

Q méd = Vazão Média.

Para o estudo em questão adotou-se k1 igual a 1,20.

A vazão máxima horária é obtida através da expressão que se apresenta a seguir.

$$Qmaxh = Qmaxd \cdot k2$$

sendo:

Qmaxh = Vazão máxima horária (L/s);

K2 = Coeficiente da hora de maior consumo;

Q maxd = Vazão máxima diária.

Adotou-se para o estudo em questão k2 igual a 1,50.

A quota per capita refere-se ao consumo per capita adicionado às perdas, sendo sua fórmula a que segue:

$$C = CPC/(1 - \left(\frac{IPD}{100}\right)$$

sendo:

C = Quota per capita (L/s.hab);

CPC = Consumo per capita;

IPD = Índice de perdas na distribuição.

A tabela abaixo traz a projeção das vazões necessárias para atender a demanda atual e futura da população urbana em um horizonte de projeto de vinte anos, bem como, o volume necessário de reservação para manter a segurança hídrica da população urbana. Da mesma maneira, usando os dados referentes ao ano de 2021 disponibilizados pelo SNIS, foi estimado o crescimento do número de economias, ligações e extensão da rede do SAA.

Tabela 55 - Demandas para o SAA de Paraibuna.

Ano	População	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Vazão Máxima Horária	Vazão Captação (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m^3)	Volume necessário para Reservação (m^3)	Ligações (lig)	Extensão da rede (Km)
2024	17.714	27,87	33,45	50,17	51,67	2.889,86	963,29	6.678	80,13
2025	17.737	27,91	33,49	50,24	51,74	2.893,61	964,54	6.687	80,23
2026	17.760	27,95	33,53	50,30	51,80	2.897,37	965,79	6.695	80,33
2027	17.783	27,98	33,58	50,37	51,87	2.901,12	967,04	6.704	80,43
2028	17.807	28,02	33,62	50,43	51,93	2.905,03	968,34	6.713	80,54
2029	17.830	28,06	33,67	50,50	52,00	2.908,79	969,60	6.721	80,64
2030	17.853	28,09	33,71	50,56	52,07	2.912,54	970,85	6.730	80,75
2031	17.876	28,13	33,75	50,63	52,13	2.916,29	972,10	6.738	80,85
2032	17.900	28,17	33,80	50,70	52,20	2.920,21	973,40	6.747	80,96
2033	17.923	28,20	33,84	50,76	52,26	2.923,96	974,65	6.756	81,06
2034	17.946	28,24	33,89	50,83	52,33	2.927,71	975,90	6.765	81,16
2035	17.969	28,27	33,93	50,89	52,39	2.931,46	977,15	6.773	81,26
2036	17.993	28,31	33,97	50,96	52,46	2.935,38	978,46	6.782	81,37
2037	18.016	28,35	34,02	51,03	52,53	2.939,13	979,71	6.791	81,47
2038	18.039	28,38	34,06	51,09	52,59	2.942,88	980,96	6.799	81,58
2039	18.062	28,42	34,10	51,16	52,66	2.946,63	982,21	6.808	81,68
2040	18.086	28,46	34,15	51,22	52,73	2.950,55	983,52	6.817	81,78
2041	18.109	28,49	34,19	51,29	52,79	2.954,30	984,77	6.825	81,89
2042	18.132	28,53	34,24	51,36	52,86	2.958,05	986,02	6.834	81,99
2043	18.155	28,57	34,28	51,42	52,92	2.961,81	987,27	6.842	82,09
2044	18.179	28,60	34,33	51,49	52,99	2.965,72	988,57	6.851	82,20

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.1.2. Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada

Para a área urbana de Paraibuna, há a necessidade do aumento e atualização da setorização da rede de distribuição, de acordo com o incremento da população para o horizonte de projeto, com a instalação de macromedidores em cada seção particular da mesma, visando um maior controle de perdas e facilidade de detecção e reparação de anomalias.

Conforme relatado nos Produtos II e III – Diagnóstico, há perspectivas sobre o início dos estudos para aperfeiçoar a delimitação adequada dos setores. Portanto uma maneira de implantar a setorização é começar a realizar estudos provenientes das áreas de interesses, elaborando estudos que se atentam para as zonas de pressão, os reservatórios existentes e as suas capacidades de armazenamento e a sua localização geográfica dentro da planta do município.

Realizando desta maneira, um sistema de setorização que agregue benefícios a toda malha existente na rede de distribuição de água potável da área urbana e que cada setor de abastecimento, seja definido pela área a ser suprida, através de um reservatório de distribuição.

Este reservatório de distribuição, citado no parágrafo anterior, é destinado a regularizar as variações de adução e de distribuição e condicionar adequadamente as pressões na rede. Desta forma, o projeto da setorização da rede de distribuição deverá ser na medida do possível baseado na setorização clássica, ou seja, deve ser utilizado um reservatório elevado, sendo a sua principal função de condicionar as pressões de cotas topográficas mais altas que não podem ser abastecidas pelo reservatório de distribuição (ou reservatório principal), habitualmente instalados próximos aos poços artesianos.

Assim, os setores de abastecimento devem ser divididos em zonas de pressão, estática e dinâmica, e as mesmas devem obedecer aos limites estabelecidos pela ABNT NBR n° 12.218/2017: a pressão estática máxima nas tubulações não deve ultrapassar o valor de 500 kPa, e a pressão dinâmica mínima não deve ser inferior a 100 kPa.

Desta forma, através das diretrizes contida na referida Norma os setores não irão mais funcionar com altas pressões, reduzindo assim a possibilidade de

ocorrer um novo vazamento e reduzindo também o volume de água perdida em um vazamento não visível atualmente.

Outros investimentos, além dos descritos anteriormente, também se fazem necessários para a manutenção e ampliação do sistema, sendo eles:

- Execução de novas redes e ligações em virtude do crescimento populacional;
- Substituição dos equipamentos eletromecânicos que ao longo do tempo necessitam ser substituídos;
- Substituição de redes visando a manutenção anual;
- Substituição dos equipamentos de dosagem de cloro e flúor;
- Aquisição de *data loggers* de pressão, visando o monitoramento das pressões na rede de distribuição de água;
- Implementação e manutenção de software comercial e recadastramento dos usuários;
- Manutenção do laboratório de análises físico-químicas da qualidade da água;
- Manutenção da estrutura física, tais como o departamento de recepção e administrativo, bem como do barracão do almoxarifado;
- Aquisição de terrenos para implantação dos novos reservatórios (deve ser realizada após a conclusão do projeto de setorização em zonas de pressão);
- Atualização contínua do cadastro da rede de distribuição de água do município.

Para as propriedades rurais, é necessário a adequação dos poços de captação através de projetos básicos de proteção, como cercamentos e sinalização, visto que a responsabilidade de abastecimento nessas áreas não é do CAEPA, considerando o contrato de concessão dos serviços. Também é necessário que, ao menos uma vez no ano, fossem realizadas análises da qualidade da água consumida por esta população.

3.1.3. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Abastecimento de Água

As interrupções no abastecimento de água podem acontecer por diversos motivos, inclusive por ocorrências inesperadas como rompimento de redes e adutoras de água, quebra de equipamentos, contaminação da água distribuída, dentre outros. Para regularizar o atendimento deste serviço de forma mais ágil ou impedir a interrupção no abastecimento, ações para emergência e contingência devem ser previstas de forma a orientar o procedimento a ser adotado e a possível solução do problema, para que não haja interrupções no abastecimento.

O plano de emergência e contingência complementa as demais ações que deverão ser tomadas para alcance da manutenção dos serviços e auxiliar na tomada de decisão durante estes eventos e situações críticas. Para melhor exposição e facilidade de consulta durante uma emergência, o plano foi estruturado em tabelas sínteses, com a ocorrência, sua causa e as respostas necessárias à sua correção ou mitigação. As tabelas sínteses são as que seguem.

Tabela 56 - Ações para emergências e contingências referentes ao abastecimento emergencial/temporário de água.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA		
SETOR	**1**	**ABASTECIMENTO DE ÁGUA**
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	**ORIGEM**	**AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA**
Falta de água generalizada	Inundação das captações de água com danificação de equipamentos eletrônicos.	Comunicar à população, instituições, autoridades e Polícia local, Defesa Civil e órgãos de controle ambiental.
		Implementar rodízio de abastecimento.
		Executar reparos das instalações danificadas e troca de equipamentos.
		Promover o controle e o racionamento da água disponível em reservatórios.
		Comunicar a Companhia de Água e Esgoto de Paraibuna - CAEPA para que acione socorro e ative captação em fonte alternativa.
		Promover abastecimento da área atingida com caminhões tanque/pipa.
	Deslizamento de solos, movimentação do solo, solapamento de apoios de estruturas com arrebentamento de adução de água bruta.	Comunicar a Companhia de Água e Esgoto de Paraibuna – CAEPA.
	Interrupção prolongada no fornecimento de energia elétrica nas instalações de produção de água.	Comunicar à fornecedora de energia elétrica.
		Promover abastecimento temporário de áreas mais distantes com caminhões tanque/pipa.
		Utilização de sistemas autônomos de geração de energia.
	Vazamento de produtos químicos nas instalações de água.	Buscar por soluções que contenham o vazamento.
		Executar reparos das instalações danificadas.
		Promover o controle e o racionamento da água disponível em reservatórios.
		Implementar rodízio de abastecimento.
		Promover abastecimento da área atingida com caminhões tanque/pipa.
	Qualidade inadequada da água dos mananciais.	Promover abastecimento da área atingida com caminhões tanque/pipa.

	Inexistência de monitoramento	Comunicar a Companhia de Água e Esgoto de Paraibuna – CAEPA.
	Ações de vandalismo	Executar reparos das instalações danificadas.
		Promover o controle e o racionamento da água disponível em reservatórios.
		Promover sistema de segurança para evitar ações de vandalismo.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 57 - Ações para emergências e contingências referentes ao abastecimento emergencial/temporário de água.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA		
SETOR	**1**	**ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	**ORIGEM**	**AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA**
Falta de água parcial ou localizada	Deficiências de água nos mananciais em período de estiagem.	Promover o controle e o racionamento da água disponível em reservatórios.
		Implementar rodízio de abastecimento temporário das áreas atingidas com caminhões tanque/pipa.
		Transferir água entre setores de abastecimento com objetivo de atender temporariamente a população atingida pela falta de água localizada.
	Interrupção no fornecimento de energia elétrica em setores de distribuição.	Comunicar a concessionária dos serviços para que acione socorro e busque fonte alternativa de água.
		Promover o controle e o racionamento da água disponível em reservatórios.
		Transferir água entre setores de abastecimento com o objetivo de atender temporariamente a população atingida pela falta de água localizada.
	Rompimento de redes e linhas adutoras de água tratada.	Comunicar a Companhia de Água e Esgoto de Paraibuna - CAEPA para que acione socorro e fonte alternativa de água.
		Executar reparos das instalações danificadas.
		Transferir água entre setores de abastecimento com o objetivo de atender temporariamente a população atingida pela falta de água localizada.

		Promover abastecimento da área atingida com caminhões tanque/pipa.
	Ações de vandalismo.	Executar reparos nas instalações danificadas.
		Transferir água entre setores de abastecimento com o objetivo de atender temporariamente a população atingida pela falta de água localizada.
		Promover abastecimento da área atingida com caminhões tanque/pipia.
		Promover sistema de segurança para evitar ações de vandalismo.
	Problemas mecanismo e hidráulicos na captação e de qualidade da água dos mananciais.	Implantar e executar serviço permanente de manutenção e monitoramento do sistema de captação.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 58 - Ações para emergências e contingências referentes ao abastecimento emergencial/temporário de água.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA		
SETOR	**1**	**ABASTECIMENTO DE ÁGUA**
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	**ORIGEM**	**AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA**
Falta de água generalizada	Por motivos diversos emergenciais (quebra de equipamento, danificação na estrutura do sistema e de tubulações, inundações, falta de energia, contaminação da água, etc.)	Elaborar projeto para implantar/manter sistema de captação e tratamento de água para consumo humano como meio alternativo de abastecimento no caso de pane no sistema convencional em situações emergenciais.
Diminuição da pressão	Vazamento e/ou rompimento de tubulação em algum trecho.	Desenvolver campanha junto à comunidade para evitar o desperdício e promover o uso racional e consciente da água.
	Ampliação do consumo em horários de pico.	Desenvolver campanha junto à comunidade para instalação de reservatório elevado nas unidades habitacionais.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.1.4. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o SAA

Os objetivos, programas, projetos e ações para atingir tanto a universalização como a qualidade dos serviços relacionados ao sistema de abastecimento de água de Paraibuna foram elencados em tabelas sínteses, de acordo com seu setor e objetivo.

Nestas tabelas, a visualização das propostas pode ser observada tanto sob a ótica macro como micro de análise, fluindo em uma sequência lógica da fundamentação do objetivo, as metas para atingi-lo nos diferentes prazos de projeto, os programas, projetos e ações necessárias para realizar tais metas e os métodos de acompanhamento que indicarão o êxito das tarefas. Sendo assim, a seguir estão definidos os objetivos propostos para o SAA de Paraibuna.

Para os objetivos que serão propostos neste estudo, serão adotadas novas metas estabelecidas para o SAA de Paraibuna. Isso se faz necessário, uma vez que os projetos delineados no plano de 2012 não refletem mais a realidade atual do município, exigindo uma reavaliação e atualização das diretrizes para atender às demandas contemporâneas de forma adequada.

3.1.4.1. Objetivo 1 – Implementação do Programa de Educação Ambiental

O primeiro objetivo proposto é a implementação de um programa de educação ambiental voltado para o sistema de abastecimento de água e sua importância. Embora muitas escolas públicas já abordem temas como o uso consciente da água e a preservação da qualidade, este projeto expandirá seu alcance para incluir também a população adulta, promovendo a conscientização sobre o desperdício e a relevância de manter os recursos hídricos limpos e acessíveis para toda a comunidade.

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 1, com as suas metas de curto, médio e longo prazo, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realizá-las, bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 59 - Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	**1**	**ABASTECIMENTO DE ÁGUA**					
OBJETIVO	**1**	**IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL**					
FUNDAMENTAÇÃO		A base para qualquer projeto na área de saneamento é a Educação Ambiental, quanto mais consciente o cidadão melhor será o local onde ele vive. Isto independe de sua condição financeira, da sua cor, da sua raça ou do seu credo. População bem-educada evita o desperdício, reutiliza a água, não polui mananciais e principalmente, cobra uns dos outros e do Poder Público para garantir a qualidade da água para as futuras gerações. Sendo assim, pouco foi informado de Programas de Educação Ambiental para crianças, jovens ou adultos em Paraibuna relacionado as questões hídricas. Se faz necessária então, a adoção de práticas que estabeleçam programas como este voltado para toda a população, atendendo aos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Número de ações realizadas, número de pessoas impactadas, histórico do macromedidor histórico do consumo de energia elétrica no sistema do SAA e qualidade da água de rios e córregos da região.					
METAS							
CURTO - ATÉ 4 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**			**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**		
1) Programa de Educação Ambiental voltado para evitar o desperdício de água, métodos de reuso, preservação de rios, córregos e nascentes.		2) Manter o programa de Educação Ambiental.			3) Manter o programa de Educação Ambiental.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES (R$)							
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**	
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**			
1.1.1	Implementar projeto de educação ambiental com o objetivo de promover o uso racional da água e evitar seu desperdício e promover as boas práticas sanitárias para o seu uso.	R$ 50.000,00	R$ 40.000,00	R$ 120.000,00	RP - FPU - FPR	1º ano 20.000 + 10 mil/ano até o 20º ano.	
1.1.2	Realização de campanhas educacionais e de conscientização sobre o uso responsável da água, tanto	R$ 50.000,00	R$ 40.000,00	R$ 120.000,00	RP - FPU - FPR	1º ano 20.000 + 10 mil/ano até o 20º ano.	

	nas residências quanto em instituições, indústrias, órgãos públicos, etc. (área rural e urbana).					
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 100.000,00**	**R$ 80.000,00**	**R$ 240.000,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 420.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.1.4.2. Objetivo 2 – Ampliar e Aprimorar o Sistema de Abastecimento de Água na Zona Urbana

O sistema de abastecimento de água em Paraibuna, operado pela CAEPA, de acordo com o contrato de concessão, abrange tanto a área urbana central, onde a captação é realizada no Rio Paraibuna, quanto os sistemas isolados que utilizam poços subterrâneos. Entre esses sistemas estão São Germano, Santa Edwiges, Colinas II, Telles, Espírito Santo e Cedro.

Com base nos Cenários de Evolução populacional, a projeção para Paraibuna sugere um leve aumento no número de habitantes, o que demanda ajustes na infraestrutura de abastecimento para garantir o atendimento adequado à demanda futura, como já vem sendo feito no município.

Durante a visita técnica realizada, foi identificado um assentamento irregular conhecido como "Abacaxizeiro", cujas habitações não são atendidas pelo sistema de abastecimento de água. É fundamental que essa área seja incorporada a um sistema isolado de abastecimento, garantindo o acesso ao serviço essencial e regularizando o fornecimento de água para seus moradores.

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 2, com as suas metas de imediato, curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realizá-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 60 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	**1**	**ABASTECIMENTO DE ÁGUA**					
OBJETIVO	**2**	**AMPLIAR E APRIMORAR O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA URBANA**					
FUNDAMENTAÇÃO		Conforme levantado no diagnóstico, a concessão dos serviços de abastecimento de água, realizada pelo CAEPA, abrange, além da zona urbana central de Paraibuna, os sistemas isolados dos bairros São Germano, Santa Edwiges, Colinas II, Telles, Espírito Santo e Cedro. Identificou-se, ainda, a necessidade de implementação de um sistema isolado nos bairros Abacaxizeiro e Itapeva, que atualmente carecem de atendimento adequado para as propriedades existentes. Além disso, recomenda-se um pequeno incremento na rede de distribuição, de modo a atender o crescimento populacional projetado e garantir o suprimento eficiente das futuras demandas hídricas do município.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação das realizações das ações e projetos, quantidade de ligações, extensão da rede e índice de perdas.					
METAS							
CURTO - ATÉ 4 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**			**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**		
1) Adequar a rede de distribuição na área urbana para manter o atendimento de 100% da população; 2) Reduzir perdas do SAA;		3) Manter o abastecimento de água tratada para toda população;			4) Manter o abastecimento de água tratada para toda a população.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES (R$)							
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**	
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**			
1.2.1	Implantação de Sistema isolado no bairro "Abacaxizeiro"	R$ 48.000,00			RP - FPU	R$16.000 - Preço médio de poço de 80m (FALCON Poços artesianos)	

1.2.2	Implantação de Sistema isolado no bairro Itapeva	R$ 32.000,00			RP - FPU	R$16.000 - Preço médio de poço de 80m (FALCON Poços artesianos)
1.2.3	Ampliar a rede de distribuição de água na área urbana em 0,307 Km.	R$ 18.420,00			RP - FPU	10,39 m/lig *R$60,00/m
1.2.4	Realizar 26 novas ligações na área urbana	R$ 4.316,00			RP - FPU	2,00 hab/lig *R$166,00/lig
1.2.5	Contratação de equipe para geofanamento da rede em Paraibuna para identificação de vazamentos invisíveis na tubulação de água, visando à continuidade dos serviços de redução de perdas no município.	R$ 20.553,00			RP - FPU	3,00 / Lig
1.2.6	Contratação de serviços e reparos na rede de água no município apontados no geofanamento, visando à continuidade dos serviços de redução de perdas no município.	R$ 20.553,00			RP - FPU	3,00 / Lig
1.2.7	Ampliar a rede de distribuição de água na área urbana em 0,307 Km.		R$ 18.420,00		RP - FPU	10,39 m/lig *R$60,00/m
1.2.8	Realizar 26 novas ligações na área urbana		R$ 4.316,00		RP - FPU	2,00 hab/lig *R$166,00/lig
1.2.9	Ampliar a rede de distribuição de água na área urbana em 1,24 Km.			R$ 74.400,00	RP - FPU	10,39 m/lig *R$60,00/m
1.2.10	Realizar 104 novas ligações de água na área urbana.			R$ 17.264,00	RP - FPU	2,00 hab/lig *R$166,00/lig
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 143.842,00**	**R$ 22.736,00**	**R$ 91.664,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 258.242,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.1.5. Análise Econômica – SAA

A tabela síntese a seguir mostra os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 61 - Síntese dos totais dos valores estimados.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
SETOR	**1**	**SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**			
OBJETIVOS		**CURTO**	**MÉDIO**	**LONGO**	**TOTAL GERAL**
IMPLEMENTAÇÃO E MANUTENÇÃO DO PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL		R$ 100.000,00	R$ 80.000,00	R$ 240.000,00	R$ 420.000,00
AMPLIAR E APRIMORAR O SAA NA ZONA URBANA		R$ 143.842,00	R$ 22.736,00	R$ 91.664,00	R$ 258.242,00
TOTAL		**R$ 243.842,00**	**R$ 102.736,00**	**R$ 331.664,00**	**R$ 678.242,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A figura abaixo demonstra a porcentagem de investimentos a serem realizados por prazo de execução.

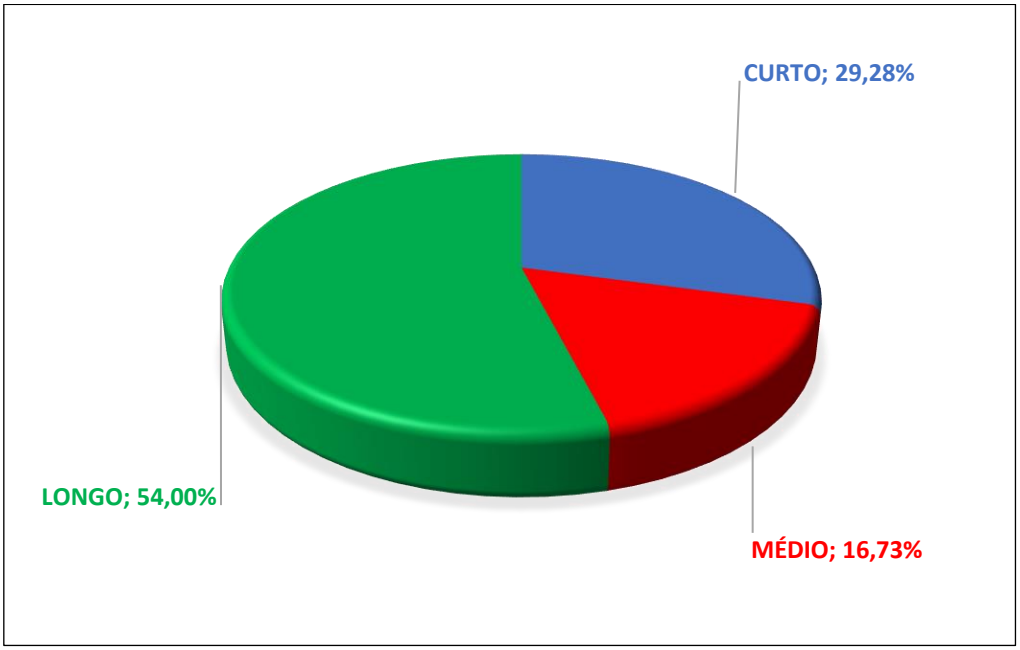


Gráfico 9 - Gráfico de despesas por prazo de execução.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.2. Sistema de Esgotamento Sanitário – SES

Conforme apresentado no diagnóstico, o município de Paraibuna conta com uma infraestrutura composta por uma Estação Produtora de Água de Reuso (EPAR), implantada no ano de 2020, além de quatro Estações Elevatórias de Esgoto (EEE). Dessas, duas estão localizadas na própria EPAR, enquanto as demais encontram-se no bairro Paraíba e na zona central do município.

No entanto, tanto a cobertura da coleta quanto o tratamento de esgoto no município apresentam deficiências significativas. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), apenas 51,68% da população é atendida pela rede de coleta de esgoto, e o índice de tratamento atinge apenas 38,67%.

Diante desse cenário, este prognóstico visa detalhar o volume atual de esgoto gerado pela população, a carga orgânica associada e as medidas necessárias para melhorar a eficiência do sistema de esgotamento sanitário.

Nos capítulos a seguir, serão abordadas as projeções e as ações propostas para o aprimoramento da situação atual e a preparação para futuras demandas, visando elevar os índices de cobertura e tratamento de esgoto em Paraibuna de maneira sustentável e eficiente.

3.2.1. Projeção da Vazão Anual de Esgoto

A contribuição de esgoto está diretamente correlacionada ao consumo de água, sendo assim, utiliza-se normalmente o consumo per capita usado para projetos de sistemas de abastecimento de água para se projetar o sistema de esgotos. No sistema de esgoto sanitário, porém, considera-se o consumo efetivo per capita, não incluindo as perdas de água, sendo o consumo per capita de água variando em função do local. Em locais onde não há dados referentes ao consumo per capita de água, a literatura recomenda a adoção de valores de comunidades com características semelhantes.

Para que possa ser estabelecida a contribuição per capita de esgoto, o consumo de água efetivo per capita é multiplicado pelo coeficiente de retorno.

O coeficiente de retorno é a relação entre o volume de esgotos recebido na rede coletora e o volume de água efetivamente fornecido à população de acordo com a ABNT NBR n° 9649/1986, que diz para se adotar o valor de 80% para o coeficiente de retorno.

Desta maneira, faz-se necessário estabelecer coeficientes que traduzam estas variações de contribuição para o dimensionamento das diversas unidades de um sistema de esgotamento. Assim sendo, serão determinados os seguintes coeficientes:

- K1 coeficiente de máxima vazão diária - é a relação entre a maior vazão diária verificada no ano e a vazão média diária anual;
- K2 coeficiente de máxima vazão horária - é a relação entre a maior vazão observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia;
- K3 coeficiente de mínima vazão horária - é a relação entre a vazão mínima e a vazão média anual.

Na falta de valores obtidos através de medições, a ABNT NBR n° 9649 recomenda o uso de K1 = 1,20, K2 = 1,50 e K3 = 0,50. Sendo assim, a tabela

abaixo mostra os valores de vazão anual de Paraibuna com a previsão para os próximos vinte anos.

Tabela 62 - Projeção da geração de esgoto doméstico em Paraibuna.

Ano	População atendida com abastecimento de água	Volume de água consumido (m³/dia)	Volume de esgoto gerado (m³/dia)
2024	17.714	2.889,86	2.311,89
2025	17.737	2.893,61	2.314,89
2026	17.760	2.897,37	2.317,89
2027	17.783	2.901,12	2.320,89
2028	17.807	2.905,03	2.324,03
2029	17.830	2.908,79	2.327,03
2030	17.853	2.912,54	2.330,03
2031	17.876	2.916,29	2.333,03
2032	17.900	2.920,21	2.336,16
2033	17.923	2.923,96	2.339,17
2034	17.946	2.927,71	2.342,17
2035	17.969	2.931,46	2.345,17
2036	17.993	2.935,38	2.348,30
2037	18.016	2.939,13	2.351,30
2038	18.039	2.942,88	2.354,31
2039	18.062	2.946,63	2.357,31
2040	18.086	2.950,55	2.360,44
2041	18.109	2.954,30	2.363,44
2042	18.132	2.958,05	2.366,44
2043	18.155	2.961,81	2.369,45
2044	18.179	2.965,72	2.372,58

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.2.2. Cargas de Concentração

Para se analisar o impacto da poluição e das eficácias das medidas de controle, é necessária a quantificação das cargas poluidoras afluentes ao corpo hídrico. A carga é retratada em termos de massa por unidade de tempo, podendo

ser calculada por um dos seguintes métodos, dependendo do tipo de problema em análise, da origem do poluente e dos dados disponíveis. Nos cálculos é sempre indicado converter as unidades para se trabalhar sempre com unidades de medida consistentes, como por exemplo, kg/d.

- carga= concentração x vazão;
- carga= contribuição per capita x população;
- carga= contribuição por unidade produzida (kg/unid produzida) x produção (unid produzida/dia);
- carga= contribuição por unidade de área (kg/km².dia) x área (km²).

Para o cálculo da carga para esgoto doméstico é utilizado a seguinte equação.

$$carga = população \,.\, carga\ per\ capita$$

$$carga\left(\frac{kg}{d}\right) = \frac{população(hab).\, carga\ per\ capita(\frac{g}{hab.\, dia})}{1000(\frac{g}{kg})}$$

A porcentagem ou eficiência de remoção de determinado poluente no tratamento ou em uma etapa do mesmo é dada pela fórmula.

$$E = \frac{Co - Ce}{Co} .100$$

Sendo:

E: eficiência de remoção (%);

Co: concentração afluente do poluente (mg/L);

Ce: concentração efluentes do poluente (mg/L);

Matéria Orgânica – Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO

A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período, numa temperatura de incubação específica. Um período de cinco dias numa temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como DBO5,20.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água.

A carga de DBO expressa em kg/dia, é um parâmetro fundamental no projeto das estações de tratamento biológico de esgotos. Dela resultam as principais características do sistema de tratamento, como áreas e volumes de tanques, potências de aeradores etc. A carga de DBO é produto da vazão do efluente pela concentração de DBO. No caso de esgotos sanitários, é tradicional no Brasil a adoção de uma contribuição *per capita* de DBO 5,20 de 54 gramas por habitante por dia.

Assim sendo, apresentam-se na tabela abaixo para os próximos vinte anos, as cargas orgânicas – DBO, com e sem tratamento, considerando uma eficiência de 80% de remoção na carga de DBO a partir do processo de tratamento.

Tabela 63 - Valores de cargas orgânicas de DBO.

Ano	População Atendida com coleta de esgoto	Carga Orgânica (Kg de DBO/dia) Sem Tratamento	Carga Orgânica (Kg de DBO/dia) Com Tratamento
2024	9.155	494,35	49,43
2025	9.166	494,99	49,50
2026	9.178	495,63	49,56
2027	9.190	496,27	49,63
2028	9.203	496,94	49,69
2029	9.215	497,59	49,76
2030	9.226	498,23	49,82
2031	9.238	498,87	49,89
2032	9.251	499,54	49,95
2033	9.263	500,18	50,02
2034	9.274	500,82	50,08
2035	9.286	501,46	50,15
2036	9.299	502,13	50,21
2037	9.311	502,78	50,28
2038	9.323	503,42	50,34
2039	9.334	504,06	50,41
2040	9.347	504,73	50,47
2041	9.359	505,37	50,54
2042	9.371	506,01	50,60
2043	9.383	506,66	50,67
2044	9.395	507,32	50,73

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Coliformes Termotolerantes

Para o parâmetro de concentração de Coliformes Termotolerantes, os coliformes apresentam-se em grande quantidade nas fezes humanas (cada indivíduo elimina em média de 10^9 a 10^{12} células por dia) (SPERLING, 2005). Para o critério de definição do cálculo foi adotado o valor de 10^{11} células por dia por pessoa.

A remoção média de coliformes do tratamento composto por reator anaeróbio de fluxo ascendente de alta eficiência (do inglês, UASB) é de 1 a 2 unidades log.

Desta forma, a estimativa de concentração de coliformes sem tratamento está apresentado na tabela abaixo, para esta foi considerada a população total atendida com coleta de água.

A seguir são apresentadas as concentrações estimadas para os coliformes termotolerantes ao longo do período do estudo.

Tabela 64 - Valores de coliformes termotolerantes.

Ano	População atendida	Termotolerantes (org./dia)
2024	17.714	1,77E+14
2025	17.737	1,77E+14
2026	17.760	1,78E+14
2027	17.783	1,78E+14
2028	17.807	1,78E+14
2029	17.830	1,78E+14
2030	17.853	1,79E+14
2031	17.876	1,79E+14
2032	17.900	1,79E+14
2033	17.923	1,79E+14
2034	17.946	1,79E+14
2035	17.969	1,80E+14
2036	17.993	1,80E+14
2037	18.016	1,80E+14
2038	18.039	1,80E+14
2039	18.062	1,81E+14
2040	18.086	1,81E+14
2041	18.109	1,81E+14
2042	18.132	1,81E+14
2043	18.155	1,82E+14
2044	18.179	1,82E+14

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.2.3. Comparação das Alternativas de Tratamento dos Esgotos

Há dois métodos de se implementar um sistema de esgotamento sanitário, o primeiro é uma medida de sistema descentralizado, onde se implanta diversas estações de tratamento, normalmente uma para cada sub-bacia de esgotamento. Enquanto que, o segundo modelo é o centralizado ou sistema convencional, onde se implanta apenas uma estação de tratamento para receber todo o efluente produzido. Sendo assim, as figuras abaixo mostram estes exemplos.

Figura 92 - Exemplo de sistema convencional.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

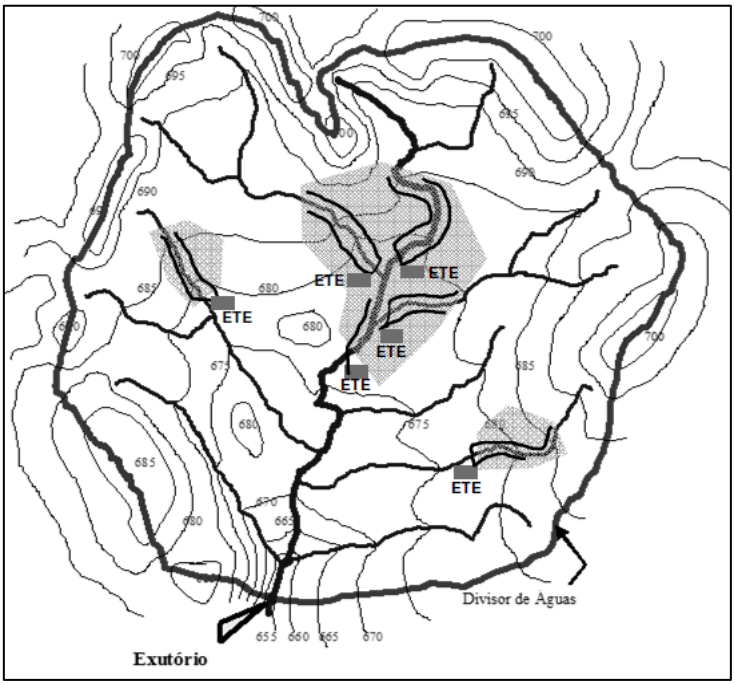


Figura 93 - Exemplo de sistema descentralizado.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

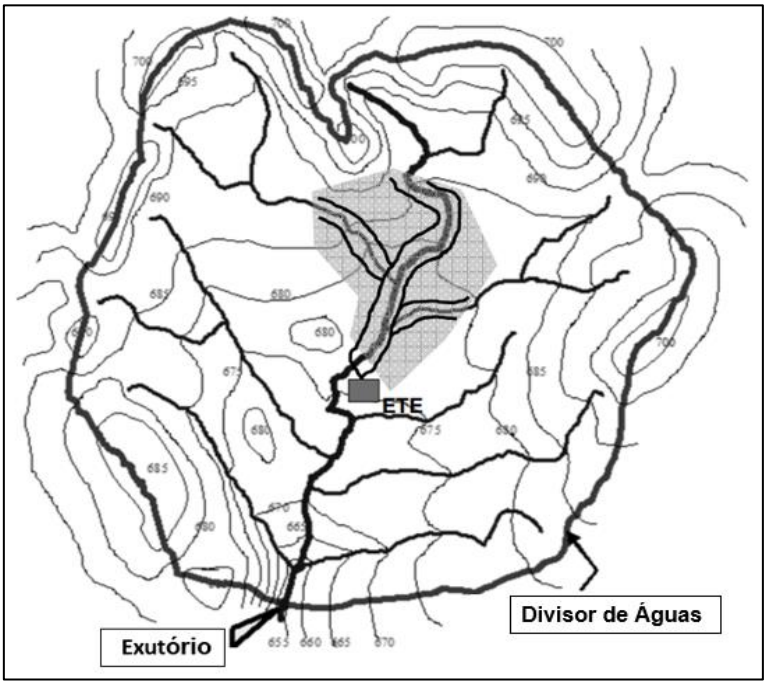


Figura 94 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Desta forma, através de todo o exposto nos capítulos anteriores, para o Município de Paraibuna é necessário investimentos na manutenção e aprimoramento do Sistema de Esgotamento Sanitário, sendo esta de

responsabilidade da CAEPA, buscando suprir, além da demanda crescente projetada para a população do município, as localidades com ausência de rede de coleta de esgoto e elevatórias.

Já no caso do tratamento dos resíduos gerados na EPAR de Paraibuna, conforme mencionado na etapa de diagnóstico, a mesma possui capacidade de tratamento superior ao volume coletado atualmente, sendo necessário apenas a implantação de novas redes de coleta na zona urbana do município e a implantação de sistemas individuais descentralizados para os bairros rurais mais afastados da Sede Municipal, e que serão mais bem exemplificados neste capítulo.

3.2.4. Definições de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada

Nos projetos básicos deverão ser estudadas alternativas de tratamento, que atendam à legislação vigente quanto à classe dos mananciais que receberão os efluentes sanitários tratados.

3.2.5. Sistemas Individuais

Apesar de a falta de acesso a serviços de esgotamento sanitário também existir em grandes centros urbanos, há uma enorme disparidade da situação entre as áreas urbanas e as rurais. Sabe-se que a cada dez pessoas sem acesso a práticas adequadas de saneamento, sete vivem em áreas rurais.

Nestas regiões, 49% da população do país ainda convive com práticas consideradas inadequadas, como o uso de banheiros compartilhados, a defecação ao ar livre ou ainda, o lançamento dos dejetos sem qualquer tratamento diretamente no solo ou em corpos d’água.

Apesar do baixo índice de cobertura das áreas rurais do Brasil por redes coletoras de esgotos, isso por si só não é um agravante para as condições sanitárias. Os sistemas locais de tratamento de esgoto (também chamados de descentralizados) — se bem projetados, construídos e operados – são boas alternativas para garantir a saúde da população e ao mesmo tempo, manter a

integridade ambiental destas localidades especialmente de áreas menos densamente habitadas.

Os sistemas individuais, ou descentralizados, atendem residências unifamiliares ou pequeno número de contribuintes, recomendado para áreas com baixa densidade populacional e com nível de lençol freático adequado, uma vez que normalmente a disposição final do efluente tratado envolve infiltração.

É evidente que o despejo de esgoto sanitário sem tratamento nos mananciais piora a qualidade da água, sendo de extrema importância tratar e dispor adequadamente o esgoto. Em algumas áreas, esta questão é complicada devido ao afastamento em relação às estações de tratamento de esgoto, à geografia do local, ou mesmo, à falta de infraestrutura. Neste contexto, uma solução é a descentralização do tratamento do esgoto doméstico, com a implantação, por exemplo, de fossas sépticas, filtros e sumidouros.

Desenvolvidos para atender as comunidades mais isoladas, os sistemas individuais, quando bem executados e operados, se tornam uma opção efetiva como solução sanitária para o tratamento dos efluentes domésticos. É um dos mais simples, porém eficientes, sistemas de tratamento de esgoto doméstico previsto nas Normas NBR 7.229 e 13.969, indicado para residências ou instalações localizadas em áreas não providas de rede de coleta.

Dentro desta abordagem são destacados os seguintes sistemas individuais de tratamento de esgotos, que quando operado em conjunto, atingem os níveis de tratamento exigido:

- Fossas Sépticas;
- Valas de Infiltração/Filtros;
- Sumidouro.

As fossas sépticas, ou tanques sépticos, são unidades de forma cilíndrica ou prismática retangular, de fluxo horizontal, destinadas principalmente ao tratamento primário de esgotos de residências unifamiliares e de pequenas áreas não servidas por redes coletoras. No tratamento, cumprem basicamente as seguintes funções:

- Separação gravitacional da escuma e dos sólidos, em relação ao líquido afluente, vindo os sólidos a se constituir em lodo;
- Digestão anaeróbia e liquefação parcial do lodo;
- Armazenamento do lodo.

É de fundamental importância para o bom funcionamento dos tanques sépticos, a retirada do lodo em períodos pré-determinados pelo projeto. A falta de retirada do lodo leva a sua acumulação excessiva e à redução do volume reacional do tanque, prejudicando sensivelmente as condições operacionais do reator. As fossas sépticas devem se distanciar da moradia em quatro metros a fim de evitar mau odor, nem muito longe, para evitar tubulações muito longas.

Estruturas construídas próximas ao banheiro também tendem a evitar curvas nas canalizações, o que beneficia o bom funcionamento. Também, sugere-se a instalação num nível mais baixo em relação ao terreno, favorecendo o escoamento.

Uma exigência importante é que este tipo de sistema seja construído longe de poços ou de qualquer outra fonte de captação de água, pelo menos trinta metros de distância, para evitar contaminações, no caso de um eventual vazamento. Abaixo segue as imagens do sistema de fossas sépticas.

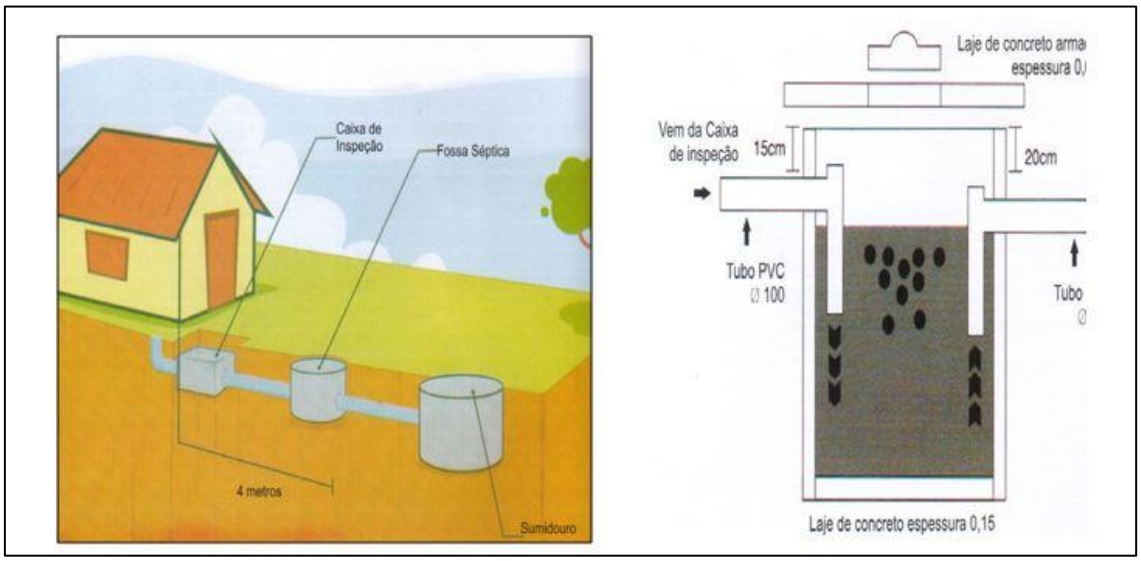


Figura 95 - Sistema individual de tratamento - Fossas Sépticas.
Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

As valas de infiltração e os filtros apresentam o mesmo princípio no tratamento dos esgotos. Caracterizado como tratamento secundário, este sistema permite uma eficiência na redução da carga orgânica acima de 80%. Através da retenção das partículas de lodo formadas e arrastadas da fossa séptica, as bactérias anaeróbias se formam e se fixam na superfície do meio filtrante.

As valas de infiltração consistem na escavação de uma ou mais valas, nas quais são colocados tubos de dreno com brita ou bambu que permite ao longo do seu comprimento o escoamento do efluente proveniente da fossa séptica para dentro do solo.

O comprimento total das valas depende do tipo de solo e quantidade de efluentes a ser tratado. Em terrenos arenosos é proposto 8m de valas por pessoa. Entretanto, para um bom funcionamento do sistema, cada linha de tubos não deve ter mais de 30m de comprimento. Portanto, dependendo do número de pessoas e do tipo de terreno, pode ser necessária mais de uma linha de tubos/valas.

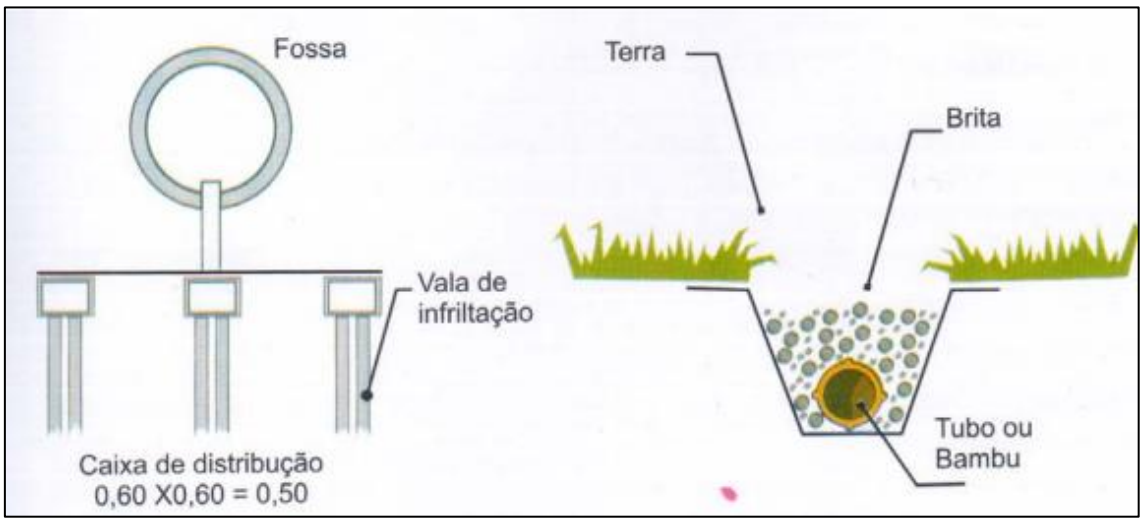


Figura 96 - Sistema individual de tratamento - Valas de Infiltração.
Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O sumidouro é um poço sem laje de fundo que permite a penetração do efluente da fossa séptica no solo. O diâmetro e a profundidade dos sumidouros dependem da quantidade de efluentes e do tipo de solo. Mas não devem ter

menos de um metro de diâmetro e mais de três metros de profundidade para simplificar a construção.

Os sumidouros podem ser construídos de tijolo maciço ou blocos de concreto ou ainda com anéis pré-moldados de concreto. A construção de um sumidouro começa pela escavação de buraco, a cerca de três metros da fossa séptica e um nível um pouco mais baixo, para facilitar o escoamento dos efluentes por gravidade. A profundidade do buraco deve ser setenta centímetros maior que a altura final do sumidouro. Isso permite a colocação de uma camada de pedra, no fundo do dispositivo, para infiltração mais rápida no solo e de uma camada de terra, de vinte centímetros, sobre a tampa do sumidouro.

Os tijolos ou blocos só devem ser assentados com argamassa de cimento e areia nas juntas horizontais. As juntas verticais devem ter espaçamentos (no caso de tijolo maciço) e não devem receber argamassa de assentamento, para facilitar o escoamento dos efluentes. Se as paredes forem de anéis pré-moldados, eles devem ser apenas colocados uns sobre os outros, sem nenhum rejuntamento, para permitir o escoamento dos efluentes.

A Secretaria do Meio Ambiente do Município, em parceria com a Vigilância Sanitária deveria cobrar e informar sobre a exigência de sumidouro apenas para casos onde não há existência de rede de esgotamento. No entanto, o sistema mais utilizado para suprir a coleta e o tratamento dos esgotos são os sistemas de tratamento individual, caracterizados com fossas, filtro e sumidouro ou fossas diretamente ligadas na rede pluvial.

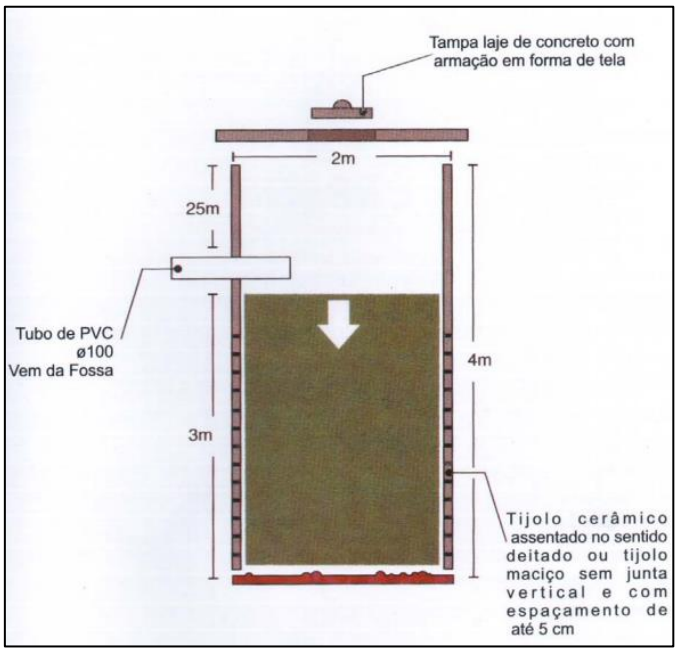


Figura 97 - Sistema individual de tratamento – Sumidouros.
Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Existem alternativas para complementar o tratamento realizado pela fossa séptica e para disposição final do efluente, dentre elas estão o filtro anaeróbio, o sumidouro, a vala de infiltração e, por fim, o tratamento do efluente por “wetland”.

Outra possibilidade que deve ser listada para implantação nas comunidades mais afastadas ou nas comunidades rurais, é a instalação de Estações Compactas de Tratamento de Esgotos. Nota-se atualmente que as associações não apresentam nenhum sistema de tratamento coletivo isolado. Nesse sentido, estas estações apresentam ótima eficiência do tratamento, além de apresentar as seguintes vantagens:

- Operação simples e de baixo custo;
- Alta flexibilidade operacional e de tratabilidade;
- Permite automatização rápida, simples e com baixo investimento;
- Totalmente pré-montada;
- Volume de lodo gerado inferior aos sistemas convencionais;
- Necessita apenas de uma base de concreto para apoio dos tanques;
- Área de implantação até 50% inferior aos sistemas convencionais.

Figura 98 - Estação compacta de tratamento de esgoto sanitário.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Assim, a construção de programas que incentivem as comunidades rurais a implantarem esses sistemas, se mostra importante para as regiões que ainda não são atendidas, visto que muitas destas áreas têm os esgotos domésticos lançados a céu aberto ou diretamente nos mananciais.

A implantação de sistemas de tratamento descentralizado nas residências traz melhorias significativas para a população em termos de saneamento e saúde, e diminui impactos causados ao meio ambiente. Essa prática deve ser incentivada e monitorada pelos órgãos municipais, prestadora de serviço de saneamento e/ou órgão fiscalizador.

Para somente as comunidades rurais de Paraibuna, recomenda-se que seja verificada a viabilidade de implementação de alternativas de baixo custo, tais como os filtros anaeróbios do tipo Cynamon (Decanto-Digestor + Filtro anaeróbio + Filtro de Areia). Este sistema proposto pelo pesquisador Szachna Eliasz Cynamon, reformulou e otimizou o sistema de tratamento constituído de fossa e filtro anaeróbio ascendente, através de uma forma de associação de três filtros, seguidos por um filtro de areia. Nesta associação, os fluxos dos filtros seguem uma escala ascendente, descendente e novamente ascendente, tendo o filtro de areia a finalidade de dar um polimento no efluente final.

Trata-se de alternativa com elevada eficiência para tratamento de esgotos sanitários e industriais. Cynamon recomenda que o sistema seja implantado em pequenas coletividades e áreas periféricas (1986). Conforme Silva (2000), o processo foi estudado através de uma unidade piloto, com capacidade para tratar até 2 L/s, de esgotos domésticos ou industriais oriundos da FIOCRUZ.

Silva informa que os ensaios realizados no período de patenteamento, quando foram obtidos os resultados que comprovaram a qualidade do processo patenteado, demonstraram as suas potencialidades (2000, p. 1). Kligerman (1995, p.47) demonstra que o filtro anaeróbio tem taxa de aplicação de 10 a 20 m^3/m^2.dia e trata uma carga orgânica de 1 a 2 Kg. DBO/m^3 de pedra dia.

Segundo Silva (2000), o processo apresenta algumas características que tornam a sua implantação altamente vantajosa, podendo ser implantado em espaços reduzidos e até mesmo em desvãos, apresenta custo de implantação e de operação reduzidos quando comparados aos processos clássicos, uma vez que os seus tempos de detenção hidráulica são semelhantes aos do lodo ativado convencional, o que permite que sejam construídas unidades compactas.

Outra vantagem do processo é a de que o consumo de oxigênio da unidade aeróbia é pequeno, pois a maior parte da estabilização da matéria orgânica é realizada na unidade anaeróbia.

As eficiências alcançadas na remoção de carga orgânica variaram de 90% a 98 % (DQO como substrato). Em trabalho apresentado, Cynamon verificou que o processo permite uma redução do índice de coliformes totais de cerca de 95%.

Os órgãos responsáveis pela fiscalização precisam fazer o monitoramento periódico da qualidade dos corpos hídricos, através da realização de análises de amostras de água coletadas a montante e a jusante dos locais em que ocorre o lançamento do esgoto tratado, para inferir se os efluentes lançados estão dentro dos parâmetros exigidos pela legislação.

Nos locais em que as construções são isoladas e distantes umas das outras ou não existe um número significativo de moradores, não há viabilidade econômico-financeira para implementação de sistemas coletivos de tratamento, necessita-se, então, da instalação de unidades de tratamento em cada residência, tais como fossas sépticas seguidas de filtro anaeróbio e unidades de disposição controlada no solo, ou seja, de soluções individuais de esgotamento

sanitário. É importante ocorrer a coleta pelo Poder Público ou concessionária, dos efluentes e do lodo gerado nas mesmas de forma periódica, para destiná-los à posterior tratamento.

3.2.6. Descrição de Tecnologias Sociais de Saneamento Básico

As Tecnologias Sociais - TS apresentam-se como um conjunto de técnicas e metodologias que são aplicadas em determinada localidade ou região em que é evidenciada a participação ativa da comunidade com vista à solução de problemas que os afetam direta e indiretamente. Portanto, as Tecnologias Sociais aplicadas ao saneamento básico, podem ser utilizadas por comunidades rurais, situadas em regiões com baixa oferta de infraestrutura sanitária, como por exemplo, fossa biodigestora, zona de raízes, círculo de bananeiras e bacias de evaporação para ajudar no tratamento de águas negras e cinzas.

As águas cinzas são águas residuais geradas a partir de processos domésticos, como, torneiras, chuveiros, lavanderias e lavatórios, que estão separados do esgoto sanitário. As águas cinzas podem representar até 80% do efluente sanitário gerado em um empreendimento. A captação em redes hidráulicas separadas das águas cinzas e seu tratamento possibilita o reuso em atividades como irrigação de áreas verdes, descargas sanitárias, lavagem de pisos entre outras atividades menos nobres.

Já a água negra é o termo utilizado para descrever a água descartada que possui matéria fecal e urina. É assim chamada pela sua composição e a presença de contaminantes biológicos, e por ser mais difícil de ser tratada. Para a área rural do município, diante da ausência de rede de esgotamento sanitário, algumas soluções para o tratamento de esgoto doméstico ou complementação do tratamento, podem ser a readequação das fossas rudimentares para as forma de alternativa descritas abaixo, como métodos individuais de tratamento do esgoto residencial.

A adoção de sistemas unifamiliares para as comunidades rurais se justifica devido à baixa densidade populacional nestas áreas, o que resultaria em investimentos muito elevados, tornando um sistema de tratamento coletivo economicamente inviável. Entre as possíveis maneiras de tratamento podemos

citar a bacia de evapotranspiração, o banheiro seco, o círculo de bananeiras, a fossa séptica biodigestora e as zonas de raízes que serão descritas abaixo.

3.2.6.1. Fossa Séptica Biodigestora - FSB

A Fossa Séptica Biodigestora, é uma tecnologia criada em 2001 pela Embrapa Instrumentação para o tratamento da água de vaso sanitário. É composta por três caixas d'água conectadas onde ocorre a degradação da matéria orgânica do esgoto e a transformação deste em um biofertilizante que pode ser aplicado em algumas culturas. O sistema é capaz de atender a uma casa de até cinco pessoas, mas adaptações podem ser feitas caso o número de habitantes seja maior.

O princípio do funcionamento da Fossa Séptica Biodigestora é a fermentação anaeróbia (ausência de oxigênio), realizada por um conjunto de microrganismos presentes no próprio esgoto. Sob condições adequadas de temperatura, tempo de permanência no sistema e nutrientes, os microrganismos consomem a matéria orgânica e transformam o esgoto bruto em um efluente (esgoto tratado) adequado para ser utilizado no solo como um fertilizante.

Este procedimento, desde que obedecendo critérios, promove a complementação do tratamento do esgoto (tratamento terciário), que abrange a absorção de nutrientes pelas plantas e eliminação de microrganismos.

Todo esse processo é realizado naturalmente, sem o uso de energia elétrica, aplicando-se no início uma mistura de cinco litros de esterco bovino fresco e cinco litros de água, uma vez por mês. As fezes dos ruminantes contêm uma seleção de bactérias que aumentam a eficiência, potencializam o tratamento do esgoto, reduzem odores e auxiliam na qualidade do líquido (efluente) da saída do sistema.

As duas primeiras caixas do sistema são denominadas módulos de fermentação, ou seja, são os locais onde ocorre intensamente a biodigestão anaeróbia realizada pelas bactérias. A última caixa, ou caixa coletora, é destinada ao armazenamento do efluente já estabilizado, de onde este pode ser retirado para posterior utilização, como visto na figura a seguir.

Como o sistema é modular, o número de caixas pode ser aumentado de maneira proporcional ao número de moradores da residência, mantendo-se o volume mínimo de 1000 L para cada caixa. Estudos indicam que é necessário adicionar uma caixa de mil Litros (módulo de fermentação) para cada 2,5 pessoas a mais na residência (duas caixas para cada cinco pessoas a mais e assim proporcionalmente) para manter a eficiência do sistema.

Residências rurais com menos de cinco habitantes também devem utilizar no mínimo três caixas de mil litros cada. Não utilizar volumes inferiores a mil litros ou adaptações no sistema. A figura abaixo mostra um exemplo de fossa séptica biodigestor.

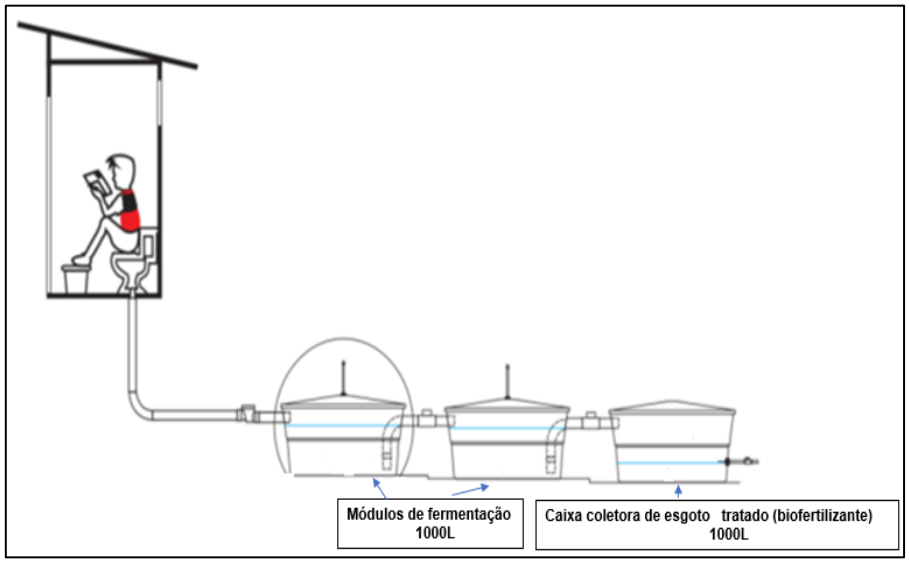


Figura 99 - Esquema de fossa séptica biodigestora.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O método de construção e de funcionamento do sistema são simples, deve-se adquirir três caixas com volume de 1000L, tubulações de 100mm, instrumentos de vedação, conexões, ferramentas de fixação e perfuração. Ao final do processo, tem-se um efluente livre de microrganismos causadores de doenças e que vão auxiliar na agricultura como fertilizante para capim, milho dentre outras plantas. As figuras abaixo demonstram um exemplo de fossa séptica biodigestora.

Figura 100 - Exemplo de Fossa Séptica Biodigestora.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.2.6.2. Sistema de Zonas de Raízes

O sistema por zona de raízes utiliza plantas para o tratamento de águas residuais. A degradação das substâncias poluidoras contidas na água ocorre através da simbiose entre plantas, solo e/ou substrato artificial e microrganismos. A função principal das plantas consiste em fornecer oxigênio ao solo/substrato através de rizomas e possibilitar o desenvolvimento de uma população densa de microrganismos, que finalmente são responsáveis pela remoção dos poluentes da água.

De acordo com Tonetti et. al. (2018), as unidades de tratamento podem ser usadas para águas cinzas ou para esgoto doméstico previamente tratado. Os sistemas alagados construídos (SAC), também conhecidos como zonas de raízes ou *wetlands* (nomenclatura internacional), são compostos por valas com paredes e fundo impermeabilizados, permitindo seu alagamento com o esgoto a ser tratado.

São pouco profundas (< 1,0 m) e possuem plantas aquáticas ou macrófitas que atuam na remoção de poluentes, além de proporcionar a fixação de microrganismos que degradam a matéria orgânica. Os SAC normalmente possuem material particulado em seu interior (exemplo: areia, brita, seixo rolado) como meio suporte para o crescimento das plantas e microrganismos. A figura abaixo mostra um esquema de SAC.

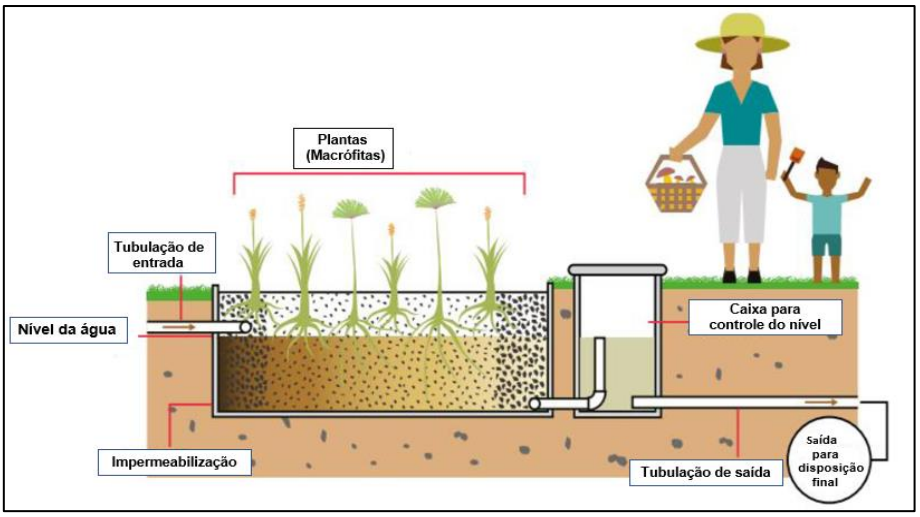


Figura 101 - Esquema de Zona de Raízes ou SAC.
Fonte: Imagem de Divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Os aspectos construtivos e de funcionamento do sistema são simples, a zona de raízes possui formato retangular, podendo ser escavado no próprio solo, manualmente ou com a ajuda de máquinas. Suas paredes e fundo devem ser impermeabilizados com alvenaria ou mantas sintéticas. O dimensionamento das zonas de raízes se baseia principalmente no volume diário de esgoto a ser tratado e também na qualidade do esgoto. Ele deve ter uma área média de 2 m² por pessoa e uma profundidade entre 0,6 e 1,0 m.

O fluxo do esgoto mais comum é o subsuperficial, isto é, ocorre abaixo da superfície do material utilizado como suporte e em sentido horizontal. Nesse

caso o esgoto é distribuído por tubos de PVC perfurados na superfície de entrada. Esse primeiro trecho pode ser preenchido com brita nº 3 ou 4 para evitar entupimentos.

O trecho com plantas é onde acontece a maior parte da transformação do esgoto (remoção de nutrientes e matéria orgânica). Essa zona pode ser preenchida com brita nº 1 ou 2, mas há experiências que fazem uso de areia. Por fim, o líquido tratado é coletado no extremo oposto à entrada de esgoto. Para isso, deve-se utilizar tubos de PVC perfurados localizados no fundo da vala do sistema. Esse trecho, pode ser preenchido com brita nº 3 ou 4. As figuras abaixo exemplificam esse procedimento.

Figura 102 - Exemplo de zona de raízes e mecanismos de controle de PVC.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.2.6.3. Círculo de Bananeiras

Unidade de tratamento para águas cinzas ou tratamento complementar de esgoto doméstico ou águas de vaso sanitário. Consiste em uma vala circular preenchida com galhos e palhada, onde desemboca a tubulação.

Ao redor são plantadas bananeiras ou outras plantas que apreciem o solo úmido e rico em nutrientes e que tenham grande capacidade de evapotranspiração, transferindo a água do solo para a atmosfera. A figura abaixo mostra um esquema de círculo de bananeira.

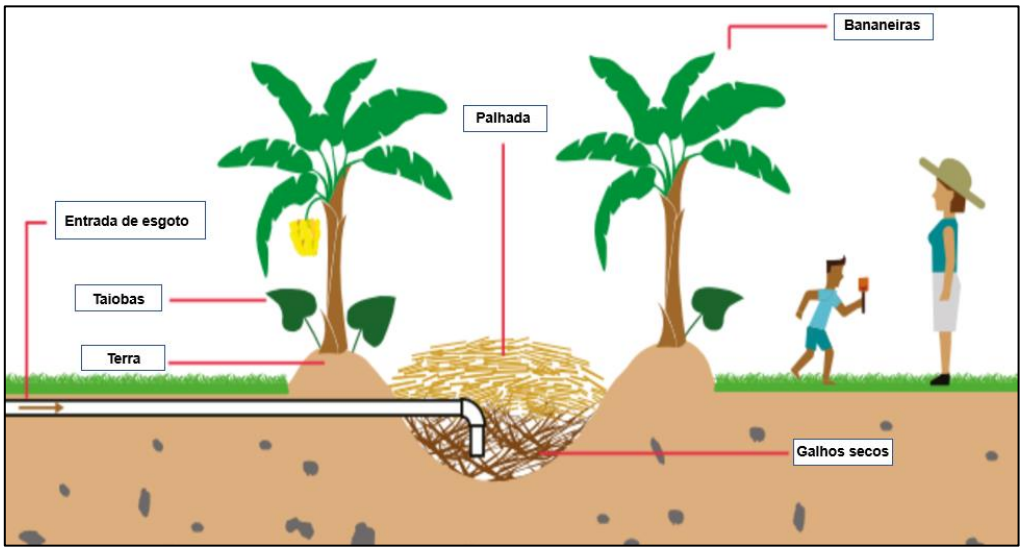


Figura 103 - Esquema de círculo de bananeiras.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Alguns aspectos construtivos e funcionamentos do sistema são, a escavação do solo, que pode ser feita manualmente ou com a ajuda de máquinas. O buraco não deve ser impermeabilizado nem compactado. O buraco deve ter um formato de um prato fundo, com profundidade de aproximadamente 0,5 a 1,0 m e um diâmetro interno de 1,4 a 2,0 m.

O buraco deve ter seu fundo preenchido com pequenos galhos e palhada na parte superior (capim seco, folhas secas de bananeira) criando um ambiente arejado e espaçoso para receber a água cinza que precisa ser tratada.

Para a entrada da água cinza no buraco, pode-se fixar um joelho na ponta da tubulação, conduzindo o líquido a entrar no meio da camada de palha seca,

evitando que a água cinza fique exposta. A água e os nutrientes do esgoto serão consumidos pelas bananeiras, enquanto que os restos orgânicos (restos de alimentos, sabão etc.) serão degradados pelos micro-organismos presentes no solo da vala. As figuras abaixo mostram outros exemplos de círculo de bananeira.

Figura 104 - Exemplo de círculo de bananeira.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.2.6.4. Bacias de Evapotranspiração ou Fossas Verdes

A Bacia de Evapotranspiração - BET ou Fossas Verdes é um sistema de tratamento para águas de vaso sanitário que faz o aproveitamento da água e dos nutrientes presentes no esgoto. A BET pode ser dividida em três partes: um compartimento central para o recebimento e digestão inicial do esgoto, uma camada filtrante e uma área plantada com bananeiras.

Outros nomes para o mesmo sistema são: tanque de evapotranspiração (Tevap), ecofossa, fossa biosséptica, biorremediação vegetal, fossa de bananeira e canteiro biosséptico. A figura abaixo mostra um exemplo de bacia de evapotranspiração ou fossa verde.

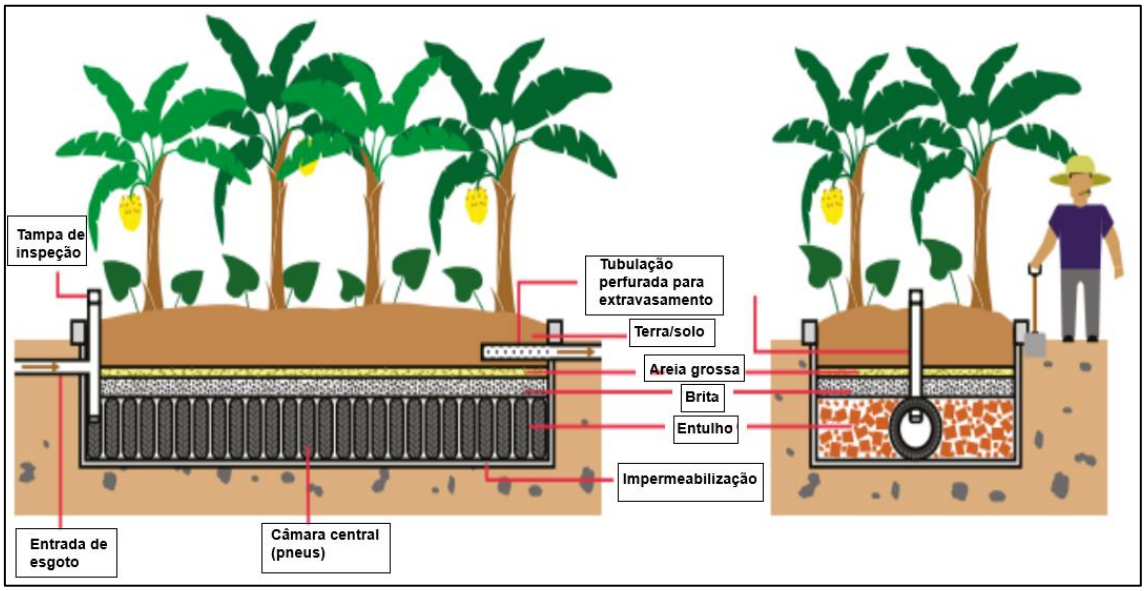


Figura 105 - Esquema de bacia de evapotranspiração - BET.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Os aspectos construtivos e de funcionamento do sistema se inicia com a escavação do solo, que pode ser feita manualmente ou com a ajuda de máquinas. O segundo passo é a construção de uma grande caixa ou reservatório que ficará enterrado, local onde o tratamento do esgoto acontece. A caixa precisa ser totalmente impermeabilizada e não pode haver vazamentos no sistema e nem entrada de água subterrânea.

A caixa pode ser construída com alvenaria convencional ou técnicas alternativas, como o ferro-cimento ou superadobe. Mantas de PVC ou lonas também podem ser utilizadas.

A entrada de esgoto no sistema é realizada através de uma tubulação de 100 mm que desemboca dentro da câmara central, localizada no fundo da caixa. A câmara é a primeira etapa do tratamento, onde ocorre a sedimentação dos sólidos e também o início da digestão do esgoto. Ela pode ser feita com muitos materiais diferentes, mas os mais comuns são pneus velhos ou blocos cerâmicos vazados.

O esgoto sobe então pelas camadas filtrantes compostas de entulho, brita e areia. Nesses materiais crescem e se desenvolvem microrganismos que degradam o esgoto de forma anaeróbica. Acima da camada filtrante, fica uma camada de terra onde são plantadas bananeiras e outras plantas como taioba e lírio do brejo.

Os nutrientes presentes no esgoto são utilizados pelas plantas na produção de novas folhas e frutos, atuando como adubos naturais. Parte da água que entra no sistema evapora pelo solo. As figuras abaixo mostram outros exemplos de BET ou fossa verde.

Figura 106 - Exemplo de BET ou Fossa Verde.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.2.7. Localização da Estação de Tratamento de Esgoto

O início de um projeto coincide com os seus estudos prévios e estes, buscam entender a dinâmica do sistema a ser projetado, incluindo a avaliação quantitativa e qualitativa dos esgotos que serão tratados na futura ETE, bem como, a análise técnico-econômica dos inúmeros tipos de sistemas de tratamento de efluentes que podem ser aplicados a um determinado município. Ressaltando, que a melhor alternativa proposta deve ser aquela que oferecer as maiores vantagens do ponto de vista técnico e econômico-financeiro.

Especificamente para a localização, antes de iniciar o projeto de implantação de uma ETE, deve-se, atentar-se para algumas vertentes que são essenciais para o bom funcionamento da mesma, além, de não causar incômodos para a população vizinha, como maus odores e ruídos excessivos.

Normalmente averígua-se o custo por m² do local onde será implantada a futura ETE, assim como, o sistema de tratamento de lodo, caso este não esteja localizado na própria ETE, além da instalação dos equipamentos.

Sendo assim, mesmo que o Município de Paraibuna permaneça somente com sua Estação Produtora de Água de Reuso – EPAR, que possui capacidade de tratamento superior ao volume de efluente coletado, abaixo seguem alguns parâmetros técnicos que auxiliam na escolha da melhor área para a construção de uma estação de tratamento de esgoto, caso o município futuramente decida pela implantação de um novo sistema.

- Topografia → deve-se considerar a topografia do terreno, pois, terreno muito acidentado elevará o custo de implantação da ETE com obras de nivelamento de terreno;
- Nível do lençol freático → através de sondagens é necessário avaliar o nível do lençol freático para que, em caso de vazamentos o efluente ao infiltrar no solo, não entre em contato com a água contida no lençol freático;
- Nível de cheia → deve-se atentar para que, em períodos chuvosos não haja problemas de inundação ou alagamentos dentro da ETE;
- Distância de Interceptação e corpo hídrico receptor → a implantação de uma ETE não deverá ser distante da área urbana, pois, deve-se dar preferência para que o efluente coletado seja direcionado para o tratamento de preferência por gravidade, evitando custos com a instalação de estações elevatórias, da mesma forma, a Localização da ETE deve estar próxima ao corpo hídrico que receberá o efluente tratado;
- Acessibilidade → da mesma forma da distância de interceptação, o acesso a ETE deve ser facilitado para veículos que necessitem adentrarem no local e em situações de emergência, os operadores terão mais agilidade para conter a ocorrência;
- Proximidade de residências → estações de tratamento de esgoto, principalmente o sistema de lagoas facultativas, possuem como

uma de suas características a liberação de gases que ocasionam mau odores, podendo provocar incômodos nas regiões vizinhas.

3.2.8. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Esgotamento Sanitário - SES

Abaixo seguem as ações de emergência e contingência para este sistema afim de mitigar quaisquer complicações em relação a rede de tratamento do esgoto e inclusive de sua rede coletora.

Desta forma, quando há um extravasamento de esgoto na unidade do sistema e anormalidades no funcionamento das estações de tratamento de esgoto, seja ela, a ETE de modelo Australiano ou as estações elevatórias - EEE, causando assim prejuízos à eficiência, estes problemas colocam em risco a qualidade ambiental do município, podendo contaminar os recursos hídricos e o solo. Para estes casos, tanto para interrupção da coleta de esgoto por motivos diversos, quanto por rompimento de coletores, medidas de emergência e contingência devem ser previstas. Sendo assim, as tabelas abaixo constam as principais alternativas para ações de emergência e contingência para o sistema de esgotamento sanitário.

Tabela 65 - Ações de emergência e contingência para o extravasamento de esgoto em estações elevatórias – EEE.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO
OBJETIVO	1	ALTERNATIVAS PARA CONTROLAR O EXTRAVASAMENTO DE ESGOTO
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	**ORIGEM**	**AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA**
Extravasamento de esgoto nas lagoas aeradas e facultativas.	Interrupção no fornecimento de energia elétrica nas instalações de bombeamento.	Comunicar companhia de energia elétrica.
		Acionar gerador alternativo de energia.
		Comunicar a prestadora.
		Instalar tanques de acumulação do esgoto extravasado com o objetivo de evitar contaminação do solo e água.
	Danificação de equipamentos eletromecânicos ou estruturas.	Comunicar a Prefeitura sobe os problemas com os equipamentos e a possibilidade de ineficiência e paralisação das unidades de tratamento.
		Comunicar a prestadora.
		Instalar equipamentos reserva.
	Ações de vandalismo.	Comunicar o ato de vandalismo à Polícia local.
		Comunicar a prestadora.
		Executar reparo das instalações danificadas com urgência.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 66 - Ações de emergência e contingência para o rompimento de linhas de recalque, coletores, interceptores e emissários.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO			
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO	
OBJETIVO	2	ALTERNATIVAS PARA CONTROLAR O ROMPIMENTO EM PONTOS DO SISTEMA DE COLETA DE ESGOTO	
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS			
OCORRÊNCIA		**ORIGEM**	**AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA**
Rompimento de linhas de recalque, coletores, interceptores e emissários.		Desmoronamento de taludes ou paredes de canais.	Executar reparo da área danificada com urgência.
			Comunicar a prestadora.
			Sinalizar e isolar a área como meio de evitar acidentes.
		Erosões de fundo de vale.	Comunicar a prestadora.
			Executar reparo da área danificada com urgência.
		Rompimento de pontos para travessia de veículos.	Comunicar aos órgãos de controle ambiental sobre o rompimento em alguma parte do sistema de coleta de esgoto.
			Comunicar as autoridades de trânsito sobre o rompimento da travessia.
			Sinalizar e isolar a área como meio de evitar acidentes.
			Comunicar a prestadora.
			Executar reparo da área danificada com urgência.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 67 - Ações de emergência e contingência para ocorrência de retorno de esgoto em imóveis.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO
OBJETIVO	3	ALTERNATIVAS PARA EVITAR RETORNO DE ESGOTO EM IMÓVEIS
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	**ORIGEM**	**AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA**
Ocorrência de retorno de esgoto nos imóveis.	Obstrução em coletores de esgoto.	Comunicar a Prefeitura Municipal.
		Isolar o trecho danificado do restante da rede com o objetivo de manter o atendimento de áreas não afetadas pelo rompimento.
		Executar reparo das instalações danificadas com urgência.
	Lançamento indevido de águas pluviais na rede coletora de esgoto.	Executar trabalhos de limpeza e desobstrução.
		Executar reparo das instalações danificadas.
		Comunicar à Vigilância Sanitária Municipal
		Ampliar a fiscalização e o monitoramento das redes de esgoto e de captação de águas pluviais com o objetivo de identificar ligações clandestinas, regularizar a situação e implantar sistema de cobrança de multa e punição para reincidentes.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 68 - Ações de emergência e contingência para vazamentos e contaminação de solo, curso hídrico ou lençol freático por fossas.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO			
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO	
OBJETIVO	4	ALTERNATIVAS PARA REDUZIR RISCOS DE CONTAMINAÇÃO POR FOSSAS NA ÁREA URBANA E ZONA RURAL	
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS			
OCORRÊNCIA		**ORIGEM**	**AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA**
Vazamentos e contaminação de solo, curso hídrico ou lençol freático por fossas, se houver.		Rompimento, extravasamento, vazamento e/ou infiltração de esgoto bruto por ineficiência de fossas.	Comunicar a Prefeitura Municipal.
			Promover o isolamento da área e contenção do resíduo com objetivo de reduzir a contaminação.
			Conter vazamento e promover a limpeza da área com caminhão limpa fossa, encaminhando o resíduo para a estação de tratamento de esgoto.
			Exigir a substituição das fossas rudimentares por fossas sépticas e sumidouros ou ligação do esgoto residencial à rede pública nas áreas onde existe esse sistema.
		Construção de fossas inadequadas e ineficientes.	Implantar programa de orientação da comunidade em parceria com a prestadora quanto à necessidade de adoção de fossas sépticas em substituição às fossas rudimentares e fiscalizar se a substituição e/ou desativação está acontecendo nos padrões e prazos exigidos.
		Inexistência ou ineficiência do monitoramento.	Ampliar o monitoramento e fiscalização destes equipamentos na área urbana e na zona rural, em parceria com a prestadora, principalmente das fossas localizadas próximas aos cursos hídricos e pontos de captação subterrânea de água para consumo humano.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.2.9. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o SES

Os objetivos, programas, projetos e ações para atingir tanto a universalização como a qualidade dos serviços relacionados ao sistema de tratamento de esgoto de Paraibuna foram elencados em tabelas sínteses, de acordo com seu setor e objetivo.

Nestas tabelas, a visualização das propostas pode ser observada tanto sob ótica macro como micro de análise, fluindo numa sequência lógica da fundamentação do objetivo, as metas para atingi-lo nos diferentes prazos de projeto, os programas, projetos e ações necessárias para realizar tais metas e os métodos de acompanhamento que indicarão o êxito das tarefas. Sendo assim, abaixo estão definidos os objetivos propostos para o SES de Paraibuna.

3.2.9.1. Objetivo 1 – Implementação do Programa de Educação Ambiental

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 1, com as suas metas de curto, médio e longo prazo, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realizá-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 69 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO						
SETOR	**2**	**ESGOTAMENTO SANITÁRIO**				
OBJETIVO	**1**	**IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL**				
FUNDAMENTAÇÃO		A base para qualquer projeto na área de saneamento é a Educação Ambiental, quanto mais consciente o cidadão melhor será o local onde ele vive. Isto independe de sua condição financeira, da sua cor, da sua raça ou do seu credo. População bem-educada evita o desperdício, reutiliza a água, não polui mananciais e principalmente, cobra uns dos outros e do Poder Público para garantir a qualidade da água para as futuras gerações. Sendo assim, pouco foi informado de Programas de Educação Ambiental para crianças, jovens ou adultos no município relacionado as questões do esgotamento sanitário. Se faz necessário então, a adoção de práticas que estabeleçam programas como este voltado para toda a população, atendendo aos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997.				
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Número de ações realizadas, número de pessoas impactadas, histórico do macromedidor, histórico do consumo de energia elétrica no sistema do SES e qualidade da água de rios e córregos da região.				
METAS						
CURTO - ATÉ 4 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**			**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**	
1) Programa de Educação Ambiental voltado para a importância sanitária da coleta e tratamento de esgoto para a preservação de rios, córregos e nascentes.		2) Manter o programa de Educação Ambiental.			3) Manter o programa de Educação Ambiental.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES (R$)						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
2.1.1	Implementar projeto de educação ambiental com a temática da importância sanitária da coleta e tratamento dos esgotos.	R$ 50.000,00	R$ 40.000,00	R$ 120.000,00	RP - FPU - FPR	1º ano 20.000 + 10 mil/ano até o 20º ano.

2.1.2	Implementar projeto de educação ambiental com a temática de aplicação de tecnologias sociais do saneamento rural.	R$ 50.000,00	R$ 40.000,00	R$ 120.000,00	RP - FPU	1º ano 20.000 + 10 mil/ano até o 20º ano.
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 100.000,00**	**R$ 80.000,00**	**R$ 240.000,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 420.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.2.9.2. Objetivo 2 – Ampliar e Aprimorar os Sistemas Urbanos de Esgotamento Sanitário

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 2, com as suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realizá-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 70 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	**2**	**ESGOTAMENTO SANITÁRIO**					
OBJETIVO	**2**	**AMPLIAR E APRIMORAR O SISTEMA URBANO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**					
FUNDAMENTAÇÃO		De acordo com os dados mais recentes disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o índice de cobertura do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) de Paraibuna atingia apenas 51,68% em 2022. Destes, somente 38,67% do esgoto coletado passava por tratamento na Estação Produtora de Água de Reuso (EPAR). Esses indicadores evidenciam a necessidade urgente de melhorias e ampliação da rede de esgotamento sanitário no município. Para adequar o sistema à demanda atual e futura, é imperativo expandir a cobertura da rede coletora até a EPAR, priorizando áreas que ainda não possuem acesso ao serviço e que estão incluídas no contrato de concessão. Além disso, deve-se considerar o crescimento populacional projetado para o município, garantindo que a infraestrutura existente seja ampliada e modernizada para suportar o aumento na geração de esgoto.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		1. Índice de atendimento urbano com coleta e tratamento de esgoto, que corresponde ao percentual da população urbana atendida com coleta e tratamento de esgoto em relação a população urbana total. 2. Identificação da implementação da ação.					
METAS							
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**			**LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS**		
. 1) Atingir 100% da coleta de esgoto nas áreas abrangidas no contrato de concessão.		2) Manter a universalização do serviço de coleta e tratamento dos esgotos domésticos.			3) Manter a universalização do serviço de coleta e tratamento dos esgotos domésticos para a população futura.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**				**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**	
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**			
2.2.1	Estudo para implantação de estações de tratamento descentralizadas nos sistemas isolados previstos no contrato de concessão e no bairro ‘Abacaxizeiro’.	-	-		RP - FPU - FPR	Elaboração de projeto	

2.2.2	Ampliar a rede coletora na área urbana em 0,345Km.	R$ 45.038,40			RP - FPU - FPR	17,06m/lig/ *R$110,00/m
2.2.3	Realizar mais 24 ligações de esgoto na área urbana.	R$ 2.646,00			RP - FPU FPR	2,51hab/lig / R$98,00/lig
2.2.4	Ampliar a rede coletora na área urbana em 0,345Km.		R$ 45.038,40		RP - FPU - FPR	17,06m/lig/ *R$110,00/m
2.2.5	Realizar mais 24 ligações de esgoto na área urbana.		R$ 2.646,00		RP - FPU FPR	2,51hab/lig / R$98,00/lig
2.2.6	Ampliar a rede coletora na área urbana em 1,4Km.			R$ 178.277,00	RP - FPU - FPR	17,06m/lig/ *R$110,00/m
2.2.7	Realizar mais 95 ligações de esgoto na área urbana.			R$ 10.878,00	RP - FPU FPR	2,51hab/lig / R$98,00/lig
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 47.684,40**	**R$ 47.684,40**	**R$ 189.155,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 284.523,80**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.2.9.3. Objetivo 3 – Ampliar e Aprimorar os Sistemas Rurais de Esgotamento Sanitário

O plano para o sistema de esgotamento sanitário de Paraibuna busca aprimorar o tratamento de esgoto nas áreas rurais, recomendando a substituição dos sistemas de fossas rudimentares por fossas sépticas. Essa medida visa reduzir os riscos de contaminação ambiental e melhorar as condições de saúde pública, ao proporcionar um manejo de esgoto mais seguro e adequado para as propriedades rurais.

A proposta inclui a identificação das propriedades que utilizam sistemas inadequados e a implementação de fossas sépticas eficientes, garantindo um tratamento que minimize os impactos ao meio ambiente. Uma referência relevante é o município de Socorro (SP), onde um projeto similar é executado com recursos do FEHIDRO, permitindo a identificação e substituição de sistemas inadequados em áreas rurais. A experiência de Socorro demonstra a eficácia desse modelo e pode orientar a execução das ações em Paraibuna.

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 3, com as suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realizá-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 71 - Tabela Síntese do Objetivo 3.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO						
SETOR	**2**	**ESGOTAMENTO SANITÁRIO**				
OBJETIVO	**2**	**AMPLIAR E APRIMORAR OS SISTEMAS RURAIS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**				
FUNDAMENTAÇÃO		Em Paraibuna, não há fiscalização específica sobre os modelos de tratamento de esgoto em propriedades rurais, que ficam fora do escopo do contrato de concessão da CAEPA para serviços de água e esgoto. A ausência de regulamentação e controle dificulta a garantia de um tratamento adequado dos efluentes nessas áreas, gerando potenciais riscos ambientais e à saúde pública. Diante disso, recomenda-se a implementação de ações para identificar as propriedades que utilizam sistemas inadequados ou não possuem nenhum sistema de tratamento, promovendo a substituição por soluções mais eficientes e seguras, como fossas sépticas.				
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Implementação de um sistema de monitoramento regular da qualidade da água nos corpos hídricos próximos às áreas rurais de Paraibuna, além de realizar inspeções periódicas nas instalações de tratamento de esgoto para garantir sua eficácia e conformidade com as normas ambientais.				
METAS						
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**		**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**		
1) Identificação das propriedades com sistemas rudimentares de tratamento de esgoto. 2) Substituição de 30% dos sistemas inadequados por projetos de eficiência comprovada.		3) Substituição de 60% dos sistemas inadequados por projetos de eficiência comprovada.		4) Substituição de 100% dos sistemas inadequados por projetos de eficiência comprovada.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**				**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
2.2.1	Implantação de programa de cadastramento dos sistemas individuais em propriedades rurais.	-	-	-	AA – RP – FPU	
2.2.2	Substituição das fossas rudimentares por fossas sépticas ou biodigestores.	-	-	-	AA – RP – FPU	Custo estimado de Biodigestores (R$2.700,00)

TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 0,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.2.10. Análise Econômica – SES

A tabela síntese a seguir mostra os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 72 - Análise de investimento de esgotamento sanitário.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO			
OBJETIVOS		**PRAZOS**			**TOTAL GERAL**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**	
IMPLANTAR O PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMB IENTAL SOBRE A TEMÁTICA ESGOTAMENTO SANITÁRIO.		R$ 100.000,00	R$ 80.000,00	R$ 240.000,00	**R$ 420.000,00**
AMPLIAR E APRIMORAR O SISTEMA URBANO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO		R$ 47.684,40	R$ 47.684,40	R$ 189.155,00	**R$ 284.523,80**
FISCALIZAÇÃO DE SISTEMAS INDIVIDUAIS PARA ESGOTAMENTO SANITÁRIO		-	-	-	**-**
TOTAL GERAL		**R$ 147.684,40**	**R$ 127.684,40**	**R$ 429.155,00**	**R$ 704.523,80**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O gráfico abaixo ilustra a porcentagem de investimentos a serem realizados por prazo de execução.

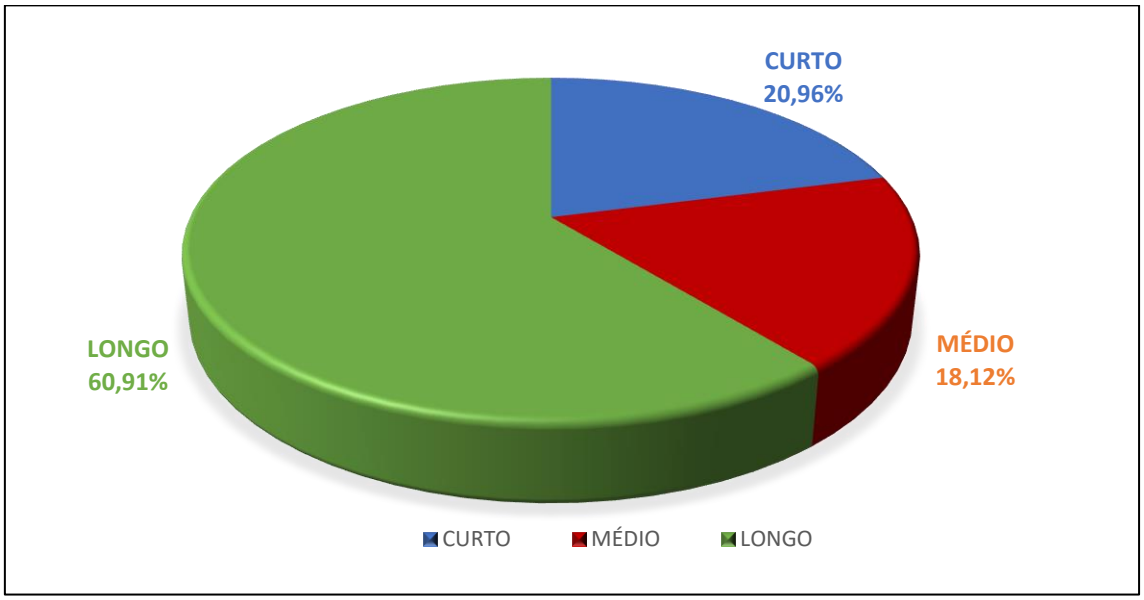


Gráfico 10 - Investimentos por prazo de execução.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.3. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

3.3.1. Estimativa da Produção de Resíduos Sólidos com Base nos Resultados dos Estudos Demográficos

Atualmente o Município de Paraibuna conta com geração per capta de resíduos sólidos domésticos (RDO + RPU), em relação à população total atendida pelo serviço de coleta de 0,87 kg/hab./dia de acordo com o SNIS, 2022. Em concordância com o Diagnóstico, toda a área urbana é atendida pelo sistema de limpeza pública, com a coleta de resíduos sólidos domésticos ocorrendo regularmente de acordo com o cronograma estabelecido em contrato pelo Departamento Municipal de Serviços Municipais.

Para a projeção de 20 anos (2024 a 2044) este percentual de atendimento foi mantido, considerando que estes serviços continuarão existindo e serão ampliados de acordo com a crescente demanda.

Para a estimativa de geração dos resíduos sólidos em Paraibuna, também foi considerado um incremento na quantidade per capta de resíduos devido ao desenvolvimento que o município deve ter juntamente com o aumento da população urbana, passando de 0,87 para 1,07 kg/hab./dia.

Observa-se na tabela abaixo que a população paraibunense terá um acréscimo de 2,62% em 20 anos, passando a ter 18.179 habitantes. Concomitantemente ao aumento da população, a quantidade de resíduos gerados também será maior no final do período avaliado.

Para a projeção do volume de geração anual foi utilizado o mesmo estudo demográfico presente neste trabalho e considerado, o aumento na produção diária por habitante ao longo dos 20 anos estudados. Segundo SILVA & FERREIRA, 2015, os resíduos recicláveis correspondem a 29,98% e os compostáveis (rejeitos orgânicos domésticos) 60,64% do total ponderado, os resíduos de saúde, contaminantes e de logística reversa obrigatória não foram considerados para o estudo.

Tabela 73 - Estimativa da geração total, resíduos reciclados e compostados.

Ano	População	Geração *Per Capta* (kg/hab./dia)	Total (ton/ano)	Reciclado (ton/ano)	Compostado (ton/ano)
2024	17.714	0,87	5.625,08	1.686,40	3.411,05
2025	17.737	0,88	5.697,12	1.708,00	3.454,74
2026	17.760	0,89	5.769,34	1.729,65	3.498,53
2027	17.783	0,9	5.841,72	1.751,35	3.542,42
2028	17.807	0,91	5.914,60	1.773,20	3.586,61
2029	17.830	0,92	5.987,31	1.795,00	3.630,71
2030	17.853	0,93	6.060,20	1.816,85	3.674,91
2031	17.876	0,94	6.133,26	1.838,75	3.719,21
2032	17.900	0,95	6.206,83	1.860,81	3.763,82
2033	17.923	0,96	6.280,22	1.882,81	3.808,32
2034	17.946	0,97	6.353,78	1.904,86	3.852,93
2035	17.969	0,98	6.427,51	1.926,97	3.897,64
2036	17.993	0,99	6.501,77	1.949,23	3.942,67
2037	18.016	1	6.575,84	1.971,44	3.987,59
2038	18.039	1,01	6.650,08	1.993,69	4.032,61
2039	18.062	1,02	6.724,48	2.016,00	4.077,73
2040	18.086	1,03	6.799,43	2.038,47	4.123,18
2041	18.109	1,04	6.874,18	2.060,88	4.168,50
2042	18.132	1,05	6.949,09	2.083,34	4.213,93
2043	18.155	1,06	7.024,17	2.105,85	4.259,46
2044	18.179	1,07	7.099,81	2.128,52	4.305,32

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A falta de um local público ambientalmente licenciado para a deposição dos RDO em Paraibuna, tem levado a administração pública local a adotar medidas para a destinação adequada desses resíduos. Atualmente, todo o resíduo urbano coletado é encaminhado para o Aterro Sanitário situado no Município de Jambeiro/SP, distante cerca de 21 Km do centro de Paraibuna, a partir de contrato com a empresa UTGR Jambeiro, conforme descrito na etapa de Diagnóstico.

3.3.2. Proposição das Possibilidades de Implantação de Soluções Consorciadas ou Compartilhadas com Outros Municípios

O município de Paraibuna participa de três consórcios intermunicipais, conforme informações da Prefeitura Municipal: o CONSAVAP, voltado para o gerenciamento do SAMU; o Consórcio Três Rios, que atua na manutenção e zeladoria urbana; e o Consórcio Público Agência Ambiental do Vale do Paraíba, responsável pela concessão de licenças ambientais para obras e atividades públicas.

Entretanto, Paraibuna não integra nenhum consórcio intermunicipal específico para a gestão de resíduos, exceto em relação ao consórcio Três Rios, que planeja a integração de uma usina móvel de RCC entre os municípios. Apesar dessa ausência de colaboração consorciada no gerenciamento de resíduos, não foram identificados problemas no sistema municipal de manejo e gestão de resíduos sólidos que possam ser atribuídos a essa lacuna.

O município tem conseguido manter o gerenciamento de resíduos sem que a falta de participação em consórcios intermunicipais para essa finalidade tenha causado impactos negativos significativos na operação do sistema. Ademais, o município mantém contrato com a empresa UTGR Jambeiro para a disposição final dos resíduos, conforme já mencionado.

A Lei n° 11.107/2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcio públicos, regulamentada pelo Decreto n° 6.017/2007, define consórcio público da seguinte forma:

> *"Pessoa juridica formada exclusivamente por entes da Federação, na forma de Lei N°11.107 de 2005, para estabelecer relações de cooperação federativa, inclusive a realização de objetivos de interesse comum, constituída como associação pública, com personalidade juridica de direito público e natureza autárquica, ou como pessoa juridica de direito privado sem fins econômicos".*

Doravante, os serviços públicos de saneamento básico, quando não prestados por entidade que integre a administração do titular, dependerão da celebração de contrato de concessão, precedido de licitação, ficando vedada a sua disciplina mediante contrato de programa, convênio, termo de parceria ou outros instrumentos de natureza precária.

Vale destacar aqui a alteração promovida pela Lei nº 14.026/2020 na Lei nº 11.107/2005, citada acima, incluindo no art. 13 o § 8º, cujo comando estabelece que os contratos de prestação de serviços públicos de saneamento básico deverão observar o art. 175 da Constituição Federal, vedada a formalização de novos contratos de programa para esse fim.

Quanto aos contratos de programa regulares vigentes, a nova ordem legal dispõe que eles permaneçam em vigor até o advento do seu termo final. A proibição de celebrar contratos de programa com sociedade de economia mista ou empresa pública também se aplica aos consórcios públicos e a subdelegação do serviço prestado pela autarquia intermunicipal (criada para prestar os serviços de saneamento básico aos entes consorciados) depende de prévio procedimento licitatório.

Portanto, de acordo com o novo modelo, os serviços públicos de saneamento básico poderão ser prestados por uma das seguintes formas:

- diretamente pelo titular, por órgão da sua administração direta (exemplo: departamento) ou indireta (exemplos: autarquia, empresa pública ou sociedade de economia mista) e ainda por meio de autarquia intermunicipal, quando a titularidade for exercida por gestão associada (consórcio);
- por entidade não integrante da administração do titular, mediante contrato de concessão, nas suas três modalidades: comum, patrocinada e administrativa.

O instituto da concessão está disciplinado na esfera Federal, pelas Leis nº 8.987/1995 (concessão comum), nº 11.079/2004 (concessão patrocinada e administrativa, concebidas na forma de parcerias público-privadas), nº 9.074/95 que “estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências” e, ainda, por leis específicas que disciplinam a concessão de determinados serviços públicos.

Os consórcios públicos são modelos de gestão incentivados pela Lei n° 12.305/2010, sendo que este tipo de gestão tem prioridade no acesso a recursos da União.

A gestão consorciada de resíduos sólidos pode atuar nos segmentos de construção regional de um aterro sanitário ou na utilização de aterros já existentes, de centrais de tratamento de resíduos sólidos, compartilhamento de equipes técnicas, realização de coleta intermunicipal de resíduos sólidos, centrais de beneficiamento de materiais recicláveis, entre outros. Para definir o modelo de soluções compartilhadas de aterros sanitários, são utilizados alguns critérios como:

- Definição dos municípios sede do compartilhamento como os de maior geração de RSU na região, preferencialmente integrados à principal malha viária, envolvendo o maior número de municípios, e com disponibilidade de área ambientalmente adequada para implantação das instalações;
- Municípios beneficiados com o compartilhamento, necessariamente, interligados ao município sede por meio de rodovias pavimentadas, independentemente de fazerem parte da mesma região administrativa;
- Distância máxima até o município de 60 km (com tolerância de 10%). Este valor é obtido pela adoção de tempo máximo para ida, descarregamento e volta dos caminhões de três horas, tendo em vista que a velocidade média dos caminhões deverá ser cerca de 50 km/ h.

Porém, caso não haja aterros sanitários para soluções compartilhadas nesta distância a mesma poderá ser revista. Entre as vantagens em se aderir aos consórcios intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, tem-se diminuíção dos custos para destinação final de resíduos, melhoria da capacidade técnica, gerencial e financeira, compartilhamento dos recursos técnológicos, otimização na contratação de serviços, maior agilidade na execução de projetos, viabilização de obras de grande porte e serviços de alto custo que não são acessíveis a maioria dos municípios, entre outros aspectos.

Já dentre as desvantagens, podem vir a acontecer desentendimentos políticos com interferências de cárater pessoal ou partidário ou uma burocracia excessiva para a implantação dos consórcios públicos.

Ressalta-se, que a promoção da capacidade de gestão consorciada entre os municípios envolvidos se sobrepõe de maneira transversal à toda gestão municipal individualizada. Abaixo seguem alguns critérios utilizados para a construção dos arranjos:

- Área de abrangência (distância máxima entre municípios);
- Contiguidade territorial e conurbação;
- Bacia Hidrográfica (sub – bacia e micro bacia);
- Condições de acesso (infraestrutura de transporte entre os municípios);
- Similaridade quanto às características ambientais e socioculturais;
- Existência de fluxos econômicos entre municípios;
- Arranjos regionais pré-existentes (compartilhamento de unidades);
- Experiências comuns no manejo de resíduos;
- Dificuldades em localizar áreas adequadas para manejo em alguns municípios;
- Existência de municípios polo com liderança regional;
- Existência de pequenos municípios que não podem ser segregados do arranjo regional;
- Número de municípios envolvidos;
- População total a ser atendida (rateio de custos);
- Volume total de resíduos gerados nos municípios.

A elaboração de um Plano Intermunicipal de Resíduos Sólidos (gestão associada) ou do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (gestão individualizada), possui vantagens e desvantagens como mostrado acima.

Porém, como vantagem principal está a agregação de competências diversas, resultando em ganhos de eficiência, economicidade e logística na gestão regional dos resíduos sólidos.

As oportunidades mais interessantes para o município na atual conjuntura e estado de gestão, seriam a de disposição final de inertes, triagem, beneficiamento e reciclagem de RCC, gestão dos resíduos eletrônicos, embalagens de agrotóxico, destinação final de resíduos Classe I e entre outras.

Sendo assim, este Plano recomenda a busca por soluções consorciadas, tanto pelas vantagens explanadas acima como pela preferência na obtenção de crédito, mas, sempre resguardando a autonomia gerencial e a imparcialidade política em suas ações.

3.3.3. Procedimentos Operacionais e Especificações Mínimas a Serem Adotadas nos Serviços Públicos de Limpeza Urbana e de Manejo de Resíduos Sólidos, Incluindo a Disposição Final Ambientalmente Adequada dos Rejeitos

Neste capítulo serão discutidas as formas de procedimentos operacionais e especificações mínimas, para serem adotadas no gerenciamento e manejo dos resíduos sólidos do Município de Paraibuna. Insta salientar, que o município em questão, já possui ampla experiência e qualidade na prestação de alguns dos serviços abaixo abordados, executando-os com qualidade além daquela mínima necessária e proposta pelas normas e legislações.

Os tópicos seguintes têm o propósito de apenas apresentar as condições mínimas necessárias para prestação dos serviços, não debilitando o que já é realizado, mas, servindo de base para novas operações e comparativo para as já executadas.

Contratos e Controle dos Serviços

Caso o município continue com a contratação de empresas terceirizadas para o manejo dos resíduos sólidos algumas exigências deverão ser consideradas, como:

- Cumprir a Lei n° 14.133/2021 – Lei de Licitações, e suas alterações;

- Contratos com os critérios esmiuçados dos serviços, solicitando informações de pesagem e valores cobrados para cada serviço prestado. Faz-se importante dividir os diferentes serviços da limpeza urbana, discriminando os valores de coleta, transporte, transbordo, e disposição final nos custos;
- Na gestão dos resíduos de serviços de saúde - RSS, exigir por meio legal que os geradores dessa tipologia de resíduos apresentem o certificado de destinação final dos resíduos e inventário semestral para o ente fiscalizador e, realizar periodicamente auditorias nas empresas coletoras de RSS;
- Inserir nos contratos a responsabilidade do devido preenchimento do sistema de informações pelo prestador, podendo assim gerar indicadores de eficiência dos serviços, propiciando uma avaliação constante da qualidade do serviço prestado;
- Na gestão dos resíduos da construção civil – RCC, exigir por meio legal que o gerador desse tipo de resíduo apresente o certificado de destinação final dos resíduos e inventário semestral para o ente fiscalizador. No caso das empresas coletoras de RCC exigir o licenciamento para a execução da atividade;
- Licitações com preço máximo, ou seja, teto máximo estabelecido para o serviço

Resíduos Sólidos Domiciliares

Os resíduos considerados domiciliares são basicamente os resíduos orgânicos, os resíduos recicláveis e os resíduos não recicláveis ou rejeitos. O objetivo de conscientizar a população sobre a importância de separar os resíduos adequadamente facilita o trabalho dos catadores de materiais recicláveis, aumentando assim, o volume de materiais que podem ser comercializados.

Para que os resíduos sólidos domiciliares possam ser valorizados e inseridos novamente na cadeia da matéria-prima, deverá haver em todas as

etapas do ciclo de vida destes resíduos procedimentos que os mantenham aptos para uma nova sistematização.

Estabelecendo critérios e procedimentos para a sua coleta e armazenamento, impedindo assim, que os resíduos sejam danificados ou misturados.

Desta forma, preservando as suas características físicas e químicas os resíduos sólidos domiciliares se classificam para as próximas fases, sendo elas, o reuso, a reutilização e a reciclagem. Ressalta-se, que o ciclo de vida dos resíduos envolve desde a sua geração, passando pelo acondicionamento e coleta e encerrando com a sua destinação final.

Sendo assim, neste Plano serão recomendados medidas e procedimentos para a coleta convencional de resíduos sólidos, coleta seletiva, triagem de materiais recicláveis, transbordo, transporte e destinação final ambientalmente correta. Procurando sempre apresentar os melhores procedimentos para serem inseridos em cada etapa do sistema de manejo de resíduos sólidos. O PMGIRS traz também recomendações para que todo o sistema em questão seja executado de maneira eficiente, atendendo o que está disposto em leis e normas.

Contudo, com o intuito de apresentar um cenário de referência buscando manter a qualidade dos serviços para os Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos em Paraibuna, serão apresentadas várias diretrizes embasadas na Lei n° 12.305/2010 – PNRS, que auxiliará a Gestão Municipal a tomar as melhores decisões que beneficiará toda a população.

Coleta Convencional de Resíduos Sólidos

A coleta convencional de resíduos sólidos está amparada por leis e normas Federais, Estaduais e, inclusive, municipais, onde as responsabilidades e a sistematização dos serviços são estabelecidas através de estudos técnicos e disponibilizadas através de procedimentos de gestão.

Dentre as Normas brasileiras relativas à coleta de resíduos sólidos, tem-se a ABNT NBR n° 13.463/1995 – Coleta de Resíduos Sólidos e a ABNT NBR

n° 12.980/1993 – Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos. Esta última, define coleta de resíduos sólidos da seguinte forma:

> *"Coleta regular dos resíduos domiciliares, formados por resíduos gerados em residências, estabelecimentos comerciais, industriais, públicos e de prestação de serviços, cujos volumes e características sejam compatíveis com a legislação municipal vigente".*

É importante seguir algumas orientações para a programação e o dimensionamento da coleta convencional de resíduos, como:

- Caracterização e localização de pontos importantes a serem coletados no município;
- Elaboração de mapas de roteiros de coleta;
- Dimensionamento e estimativa da frota coletora necessária;
- Dimensionamento da mão de obra;
- Critérios para o volume e o tipo de resíduos a serem coletados;
  Estimativas de quantidades a serem coletadas por setores.

Ressalta-se, que o Município de Paraibuna realiza a coleta convencional de segunda à sábado com o roteiro dividido em três caminhões, abrangendo bairros da Sede Municipal e dos bairros rurais, conforme informado no Diagnóstico. Entretanto, para otimizar a coleta as rotas têm de ser planejadas de modo que as guarnições comecem o trabalho no ponto mais longe do local de destinação final do resíduo e, com a progressão do trabalho se movam na direção da destinação final, diminuindo as distâncias e o tempo de percurso.

Através da elaboração ou revisão dos itinerários deve-se orientar os condutores dos veículos coletores a seguirem exatamente conforme o planejado. Respeitando os horários e as vias a serem percorridas e o local de destinação final. Sendo assim, seguindo as diretrizes contidas em Normas e Legislações especificas, primeiramente, a coleta convencional de resíduos domiciliar deve ser efetuada sempre nos mesmos dias e horários e deverá ter uma abrangência de 100% da área urbana.

A coleta convencional de resíduos sólidos deverá ocorrer nos mesmos dias e horários para que a população não perca o hábito de enviar os seus resíduos para o caminhão da coleta. A regularidade da coleta é, portanto, uma das mais importantes características deste serviço.

Dentro da área urbana a coleta deve contemplar todos os imóveis, sendo estes, os imóveis residenciais, comerciais, industriais, públicos e de saúde. Porém, nos imóveis industriais e de saúde atentar-se para a quantidade e o tipo de resíduo a ser recolhido.

Ressalta-se, que o Poder Público poderá estipular valores a serem coletados pelos imóveis, podendo ser os imóveis comerciais, residenciais e industriais. Em relação ao acondicionamento dos resíduos sólidos, de acordo com o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, 2001, recomenda-se, que os recipientes para o acondicionamento dos resíduos sólidos domiciliares possuam peso máximo de trinta quilos, e que os sacos plásticos sejam de no máximo cem litros.

Pois, sacos plásticos acima de cem litros, de acordo ainda com o IBAM 2001, podem não ser seguros, obrigando os coletadores a abraçá-los para carrega-los até o caminhão de coleta. Ocasionando assim em maior periculosidade para o colaborador devido a possibilidade de haver vidros dentro dos sacos plásticos.

A ocorrência de pontos de acumulação de resíduo domiciliar nos logradouros e um número elevado de reclamações podem ser um dos fatores que apontam a irregularidade da coleta.

Para a área comercial do município deve-se utilizar o mesmo procedimento para os bairros residenciais. Porém, a frequência da coleta deverá ser diária, pois, o acúmulo de resíduos nesta região comumente é mais elevado. A Prefeitura deverá também se atentar para o tipo de resíduo a ser recolhido na área central, coletando apenas os resíduos que estão ensacados e que possuem as dimensões compatíveis com o caminhão compactador.

Nos bairros estritamente residenciais, a coleta deve preferencialmente ser realizada durante o dia. Deve-se, entretanto, evitar fazer coleta em horários de grande movimento de veículos nas vias principais. A coleta noturna deve ser

cercada de cuidados em relação ao controle dos ruídos. As guarnições devem ser instruídas para não altear as vozes.

O comando de anda/para do veículo, por parte do líder da guarnição deve ser efetuado através de interruptor luminoso, acionado na traseira do veículo e o silenciador deve estar em perfeito estado. O motor não deve ser levado a alta rotação para apressar o ciclo de compactação, devendo existir um dispositivo automático de aceleração sempre operante.

O Município de Paraibuna deverá exigir da empresa contratada a dispor de planos de emergência relativos à manutenção ou danificação de veículos coletores, dispondo de outros veículos para atender a demanda.

Este é um item muito importante sobre o procedimento da coleta convencional de resíduos sólidos, pois, para que o plano de emergência não necessite ser acionado, é importante o respeito a capacidade máxima de carga dos veículos coletores e o seu estado de conservação. E, caso haja qualquer tipo de dano ao veículo coletor, deve-se comunicar aos responsáveis alertando-os sobre o não atendimento aos requisitos de segurança.

Sendo assim, o respeito a capacidade máxima de carga é necessário para que o excesso de resíduos sólidos não seja lançado nas vias públicas, evitando desta forma, acidentes e acúmulo de resíduos sólidos em locais inapropriados. Em locais onde a trafegabilidade é precária, impedindo que o caminhão coletor alcance determinados imóveis, os colaboradores da coleta deverão realizar o procedimento manualmente, porém, não se deslocando mais que cinquenta metros do caminhão coletor.

A coleta também deverá ocorrer quando os locais de acondicionamentos de resíduos sólidos estiverem virados ou, quando o resíduo estiver solto na via pública em decorrência do rompimento dos sacos plásticos. Caso algum imóvel esteja gerando resíduos além do que foi estipulado pela Prefeitura, a responsabilidade em comunicar o Departamento Municipal de Serviços Municipais é do condutor do veículo coletor.

O Manual de Orientação (MMA, 2012), propõe ainda dois procedimentos que podem ser incluídos na coleta convencional de resíduos sólidos, sendo:

- Buscar a redução significativa de resíduos orgânicos da coleta convencional, para aumentar a vida útil do aterro sanitário e, promover ações voltadas para a compostagem;
- Implantar sistema de conteinerização inicialmente em condôminos e similares.

Guarnições de Coleta

Aqui serão tratadas as questões de segurança, saúde, higiene, rotina e procedimentos de trabalho dos colaboradores do sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos de Paraibuna, mais precisamente da equipe de coleta convencional de resíduos sólidos.

O Departamento Municipal de Serviços Municipais deve fiscalizar as empresas terceirizadas, tanto para a coleta de RDO, quanto para os serviços da limpeza púbica nos quesitos de segurança, saúde e higiene dos colaboradores destes serviços.

As determinações são definidas pela Norma Regulamentadora – NR 24 – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho. A NR 24 estabelece as condições indispensáveis à segurança, à saúde, à higiene e ao conforto dos trabalhadores nas atividades relacionadas à limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos, independentemente de sua forma de contratação.

Ressalta-se que algumas atividades relacionadas ao sistema de limpeza urbana podem ser consideradas como insalubres pelo Ministério do Trabalho e Emprego, tendo insalubridade de grau máximo o trabalho ou operações em contato permanente com o resíduo urbano, hospitalar e industrial. A NR 24 cita que o empregador que realiza serviços externos deve disponibilizar um sistema de ponto de apoio, em locais estratégicos para que o trabalhador possa higienizar as mãos, se hidratar, fazer as suas necessidades fisiológicas e se alimentar.

A respectiva Norma determina também que podem ser utilizadas instalações móveis desde que, não seja possível instalar pontos de apoio fixo. Porém, nestes casos, os mesmos devem possuir as mesmas características físicas que um ponto de apoio fixo oferece, como: área de ventilação e conforto

térmico, lavatório com água corrente, sabonete líquido, toalha descartável e sistema de descarga ou similar que garanta o isolamento da caixa de detritos.

Além disso, deve-se manter nos postos de trabalho água potável e fresca e fornecida em recipientes portáteis hermeticamente fechados, armazenados em locais higienizados, sendo proibido o uso de copos coletivos.

No caso dos veículos de coleta de resíduos deve haver um recipiente para o armazenamento de água potável e fresca em quantidade suficiente para uma jornada completa da equipe de trabalho. Assim como, deve haver água, sabão e material para enxugo com a finalidade de higienização das mãos do trabalhador.

Em se tratando especificamente da equipe de coleta convencional de resíduos sólidos, geralmente, esta equipe é composta por um motorista e dois ou três coletores, porém, dada as idiossincrasias de cada município, podem ocorrer alterações nas guarnições nos turnos e na periodicidade das coletas e na dinamização das equipes.

Como exemplo de especificidades, existem municípios que adotam a metodologia do “gari bandeira”, encarregado de sair antes do caminhão coletor e o restante da equipe para remover os resíduos alocados em ruas e locais de difícil acesso e concentrá-los nas vias principais, agilizando e deixando o recolhimento dos resíduos mais eficiente.

Em se tratando de capacitação a NR 24 estabelece que os trabalhadores envolvidos na operação, manutenção, inspeção e demais intervenções em máquinas e equipamentos devem receber capacitação adequada, sendo providenciada pelo empregador. Esta capacitação deve abordar os riscos em que o colaborador está exposto e as medidas de proteção existentes e necessárias para tal função.

Outra questão importante refere-se aos treinamentos exclusivos para os colaboradores que trabalham no sistema de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Estes colaboradores devem ser orientados para que coletem os resíduos sólidos de maneira segura e eficiente, para que não sofram ferimentos ou acidentes, principalmente com vidros, lâminas, agulhas, produtos químicos e que os sacos plásticos não sejam rasgados ou rompidos durante a execução da

coleta. E apenas os resíduos apresentados dentro das especificações exigidas para a coleta convencional sejam recolhidos.

Desta forma, a tabela abaixo mostra alguns treinamentos essenciais para que no decorrer de sua jornada, o colaborador possa executá-la de forma segura, prática e que o ambiente de trabalho tenha um clima organizacional agradável.

Tabela 74 - Treinamento para os colaboradores do serviço de limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos.

TEMA	JUSTIFICATIVA
Informações sobre as condições do ambiente de trabalho	Este tema produz informações sobre o local onde o colaborador irá atuar, sendo que, basicamente, este colaborador atua em locais abertos, como: ruas, avenidas, praças, parques e margens de rios e córregos. São locais que podem perfeitamente oferecer riscos e acidentes, obrigando o colaborador nestes casos o exercício do direito de recusa.
Riscos inerentes à função	Diferentemente sobre as condições do ambiente de trabalho, este tema aborda os riscos existentes nos resíduos a serem coletados, pois, se o resíduo for acondicionado de maneira errada ou indevida, pode haver ferimentos através de objetos pontiagudos, perfurocortantes ou produtos químicos, ou risco de contaminação através de resíduos hospitalares. Sendo assim, neste tipo de treinamento é essencial que o colaborador aprenda a identificar as sinalizações destinadas a resíduos perigosos (industriais e hospitalares) e que o manejo do resíduo tenha o mínimo de contato possível.
Equipamento de Proteção Individual – EPI	O Equipamento de Proteção Individual – EPI, é item obrigatório para que o profissional, neste caso, esteja seguro diante de riscos químicos, físicos, ergonômicos e biológicos que envolvem os resíduos. O tema em questão trata da obrigatoriedade em proteger o colaborador durante a jornada de trabalho, utilizando luvas adequadas para a função, botas, calças e camisas longas, óculos de proteção, máscaras contra maus odores, capa de chuva, colete refletor para a coleta noturna, bonés e protetor solar.
Ergonomia	A má postura, o esforço repetitivo e o levantamento de peso são as principais causas de afastamento do trabalho. O colaborador deve realizar treinamento que seja apresentado a ele procedimentos que ao executar tarefas de varrição, manuseio de equipamentos, recolha de resíduos, transporte e entre outros, não haja risco de lesão em função da atividade que está exercendo.
Educação Ambiental	Como o serviço de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos é parte inerente dos problemas ambientais, é importante que o colaborador deste serviço conheça o valor de sua profissão. Pois, com a ausência dele, somado a má educação das pessoas, os ambientes urbanos apresentariam condições subumanas de vivência.

Plano de Emergência	Norma Regulamentadora Referente às Atividades de Limpeza Urbana, em seu item 2.4, determina a elaboração de um Plano de Emergência para a respectiva atividade. Neste treinamento o colaborador deve conhecer os possíveis cenários de emergência relacionados a sua função e os procedimentos de resposta a emergência ocorrida.
O que é o Resíduo?	Tema muito importante a ser apresentado aos colaboradores, pois, é este o motivo da consolidação da profissão em questão. Este tema mostra também os problemas em não se coletar e destinar corretamente os resíduos gerados.
Coleta Seletiva	Desvela o significado da coleta seletiva além da mera comercialização dos materiais segregados, mostrando sua importância no aumento da vida útil dos aterros e na diminuição da exploração dos recursos naturais.
Bebida alcoólica e consumo de drogas	Deve-se orientar os colaboradores a não ingerir bebidas alcoólicas e drogas durante a execução do trabalho, devido aos riscos em que a pessoa se encontra na atividade de coleta convencional de resíduos. Deve-se também orientar sobre as punições legais, caso haja situações deste tipo no local de trabalho.
Pedidos de donativos ou gratificações	O colaborador não deve realizar qualquer pedido de donativos ou gratificações durante a jornada de trabalho. Neste tema é abordado questões salariais e benefícios da função, mostrando ao colaborador sobre a não necessidade em pedir caridade para as pessoas.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A NR 24 determina ainda que os treinamentos devem ser periódicos, realizados a cada seis meses e com a carga horária mínima de quatro horas. Caso o trabalhador mude de função, ou que seja adicionado em suas atividades novas tecnologias, o mesmo deverá também passar por treinamento compatível com as novas exigências de seu trabalho.

A questão do EPI – Equipamento de Proteção Individual, deve ser amplamente divulgada e fiscalizada. A fiscalização deve ocorrer de ambas as partes, pela Prefeitura Municipal e pelos próprios trabalhadores.

A fiscalização por parte da Prefeitura deve ser em relação ao uso correto do EPI pelo trabalhador, não autorizando a realização de seu trabalho sem a utilização do mesmo. Do outro lado o trabalhador deve exigir da Prefeitura EPIs em bom estado de conservação, não aceitando botas, luvas, óculos de proteção ou outro componente do EPI que esteja fora dos padrões de uso.

A figura abaixo mostra quais são os EPIs necessários para o uso do colaborador do sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos determinados pela ABNT NBR n° 12.980/1993.

Figura 107 - EPI's necessários para os colaboradores dos serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

No caso das vacinas, a Sociedade Brasileira de Imunizações (SBIM, 2013), recomenda que os colaboradores da coleta convencional de resíduos sólidos sejam imunizados a tríplice viral (caxumba, sarampo e rubéola), hepatites A e B, tuberculose, tétano, difteria, tríplice bacteriana acelular do tipo adulto (dTpa), influenza (gripe), febre amarela, raiva e febre tifoide.

A Prefeitura é a responsável pelo controle das vacinas destes colaboradores, exigindo de cada um deles a comprovação destas imunizações e, promover a vacinação daqueles que não foram imunizados pelas doenças citadas no parágrafo anterior. Todos os critérios apontados nos parágrafos anteriores auxiliam em uma melhor performance dos trabalhadores do serviço de sistema de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos.

Regularidade, Frequência e Setorização da Coleta

A coleta dos resíduos sólidos domiciliares, comerciais e de prestadores de serviços de Paraibuna deve ocorrer em cada imóvel, sempre nos mesmos dias e horários estipulados, garantindo a eficiência do sistema como já dito em capítulos anteriores.

Desta forma, não se deve acondicionar os resíduos sólidos por longos períodos de tempo, estima-se que todo o processo de coleta e destinação final

não deve ultrapassar a marca de cinco dias. Isto ocorre, pois, conforme a temperatura aumenta, o processo de decomposição também aumenta, ocasionando na proliferação de vetores e maus odores.

Sendo assim, o planejamento estratégico da coleta convencional de resíduos sólidos exige uma série de informações sobre todas as características do município, como, os tipos de pavimentações existentes, sistema viário, intensidade de tráfego, sazonalidade da produção dos resíduos e entre outros.

Outras situações a serem consideradas são o aumento populacional do município, mudanças das características dos bairros, estações do ano e o recolhimento irregular em locais não determinados pela Prefeitura Municipal. A figura abaixo mostra o fluxograma das etapas básicas necessárias, para o dimensionamento e a programação dos serviços de coleta regular de resíduos domiciliares.

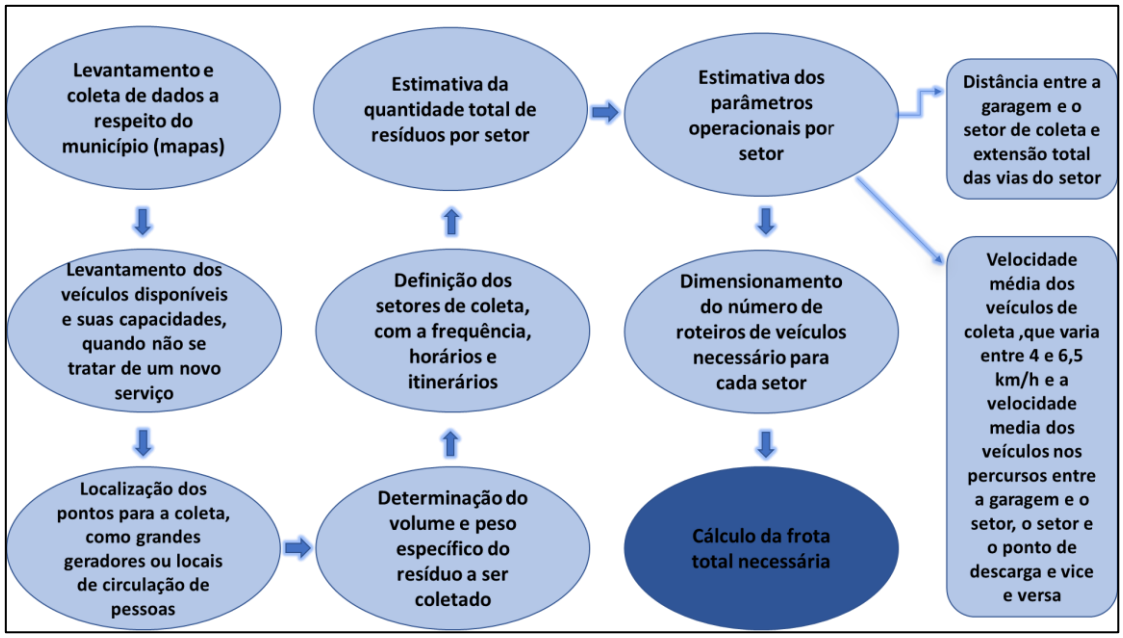


Figura 108 - Fluxograma das etapas mínimas do dimensionamento da coleta convencional.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A frequência de coleta recomendada para a área urbana é de duas a três vezes na semana, podendo ser maior a frequência nas áreas de maior geração, como áreas predominantemente comerciais.

Recomenda-se que a coleta na área central do Município e nas demais áreas comerciais seja realizada logo pela manhã, ou no período noturno, para evitar transtornos principalmente relacionados com o tráfego. Nos bairros residenciais a coleta deve ser realizada preferencialmente durante o dia.

A coleta diurna gera menores custos com encargos sociais e trabalhistas, permite maior fiscalização do serviço e teoricamente possibilita maior segurança à equipe de coleta. Entretanto, optando-se pela coleta noturna, a tabela abaixo mostra as vantagens e desvantagens deste horário.

Tabela 75 - Vantagens e desvantagens da coleta convencional noturna de resíduos sólidos.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Causa menores interferências em áreas de circulação mais intensa de veículos e pedestres.	Pode causar incômodos a população pelos ruídos produzidos na compactação dos resíduos pelo veículo coletor compactador ou pelo manuseio de recipientes metálicos.
Permite maior produtividade dos veículos e da coleta pela maior velocidade média em decorrência da menor interferência do tráfego em geral.	Aumenta o risco de acidentes com os veículos e com a equipe nos trajetos em ruas não pavimentadas ou mal iluminadas.
Permite a diminuição da frota de veículos coletores em função do melhor aproveitamento dos veículos disponíveis, proporcionada pelos dois turnos.	Aumenta os custos através de encargos sociais e trabalhistas adicionais incidentes na folha de pessoal.
	Aumenta o desgaste dos veículos usados também em outros turnos e, diminui a disponibilidade dos veículos para a manutenção.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Para que a coleta convencional de resíduos sólidos seja otimizada é necessária uma avaliação constante do roteiro estabelecido, para que desta maneira, locais onde a geração de resíduos sólidos é mínima, o itinerário possa ser alterado, economizando com os custos de combustíveis e tempo de coleta.

A tabela abaixo mostra os locais, as frequências e os períodos para a aprimorar a realização da coleta convencional de resíduos sólidos, no Município de Paraibuna.

Tabela 76 - Recomendações para a coleta convencional de resíduos sólidos.

LOCAL	FREQUÊNCIA	PERÍODO
Áreas residenciais	Três vezes na semana	Diurno
Área comercial	De três a quatro vezes na semana.	Noturno
Área rural	Mínimo quinzenal	diurno

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O monitoramento de todo o sistema pode ser realizado através de softwares de gestão, que auxiliam todo o manejo dos resíduos sólidos através de modelos matemáticos que interpretam toda a dinâmica existente dentro do procedimento.

Acondicionamento e Apresentação para a Coleta

O processo de acondicionamento temporário dos resíduos sólidos inicia-se após a geração dos mesmos. Este processo tem como objetivo principal preparar os resíduos de forma adequada para a coleta. Desta forma, o acondicionamento adequado dos resíduos sólidos gera uma maior eficiência no procedimento de coleta e transporte, visto que, um bom acondicionamento, aumenta a produtividade dos colaboradores do serviço de coleta, diminuindo assim, os riscos de acidentes e a proliferação de vetores.

O acondicionamento adequado também auxilia na diminuição da poluição visual e nos maus odores resultantes da disposição inadequada de resíduos sólidos nas vias públicas. Ressalta-se que o processo de acondicionamento dos resíduos sólidos é de responsabilidade do gerador e, a coleta é de responsabilidade do Poder Público, e este deverá fiscalizar como os resíduos sólidos estão acondicionados, se estão ou não, de forma regular.

Cabe ao Poder Público também promover campanhas de educação ambiental junto aos munícipes, orientando-os ao correto acondicionamento dos resíduos sólidos. Sendo assim, abaixo seguem algumas recomendações para o acondicionamento temporário dos RDO:

- A escolha do recipiente deverá considerar as características dos resíduos;
- O recipiente deverá ter uma altura de aproximadamente 1,50 m, do nível do solo, evitando que o coletador se incline com frequência;
- O recipiente deverá ser de metal com cantos arredondados;
- O recipiente deverá conter orificios em sua extremidade inferior, evitando assim, o acúmulo de água da chuva;
- Em caso de bombonas ou contêineres estas deverão ser de plásticos, com alças laterais e tampas;
- Os recipientes deverão ter no máximo a capacidade de cem litros, a fim de evitar o acúmulo de resíduos em seu interior.

Nos locais onde há grande geração de resíduos sólidos domiciliares como, centros comerciais e condomínios, poderão ser adotados contêineres com capacidades maiores que cem litros. Porém, para este tipo de coleta, é necessário que haja caminhões coletores específicos, como os caminhões coletores do tipo basculantes.

Para a área central ou comercial do município orienta-se que a distância mínima entre um contêiner e outro não ultrapasse duzentos e cinquenta metros, para que assim, seja facilitado o acondicionamento do resíduo sólido pelo gerador. No entanto, o Poder Público pode estipular outras distâncias que se achar necessário para o dimensionamento entre um contêiner e outro, devendo também higienizar estes recipientes com frequência.

Para os sacos plásticos utilizados no acondicionamento, a ABNT NBR n° 9190/1994 – Sacos Plásticos para o Acondicionamento de Lixo – Classificação e a ABNT NBR n° 9191/2002 – Sacos Plásticos para o Acondicionamento de Lixo - Requisitos e Métodos de Ensaio, devem ser observadas quando da escolha dos mesmos.

A ABNT NBR n° 9190/1994, especifica sobre a resistência, o volume e a cor dos sacos plásticos para o acondicionamento de resíduos sólidos. Além disso, traz outras características essenciais para a adequação dos mesmos em relação aos resíduos gerados nas residências.

Em resumo, os recipientes de acondicionamento de resíduos sólidos domiciliares deverão ser dimensionados para que possuam funcionalidade e higiene, de maneira a evitar que os resíduos se espalhem em vias públicas e que o ambiente ao redor esteja sempre livre de animais que possam danificá-los e, que a segurança do coletor não seja prejudicada no momento da coleta.

Veículos para a Coleta Convencional de Resíduos Sólidos Domiciliares

Três tipos de veículos coletores de resíduos sólidos municipais são recomendados pela NBR n° 13.463/1995, sendo:

- Veículo basculante tipo standard;
- Veículo coletor compactador;
- Veículo coletor convencional.

A mesma norma preconiza que os principais critérios a serem avaliados para o dimensionamento da frota na coleta dos resíduos sólidos são:

- Capacidade da coleta;
- Concentração de resíduos;
- Velocidade da coleta;
- Frequência da coleta e o período de coleta;
- Distância de transporte da coleta (tempo ocioso e efetivo);
- Tempo de transporte e tempo de viagem;
- Tempo de descarga;
- Quantidade de resíduo a coletar por dia.

A Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, sugere diferentes metodologias para o dimensionamento da frota de acordo com o porte do município. Para municípios de pequeno e médio porte o cálculo da frota regular pode ser feito por meio da equação representada na figura abaixo.

Figura 109 - Equação do dimensionamento da frota de veículos em cidades de pequeno e médio porte.

$$Nf = \frac{Lc}{Cv \times Nv} \times Fr$$

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Em que:

Nf = quantidade de veículos;

Lc = quantidade de resíduos a ser coletado em m^3 ou L;

Cv = capacidade do veículo em m^3 ou ton (considerar 80% da capacidade);

Nv = número de viagens por dia (máximo de três viagens);

Fr = Fator frequência. $\frac{\text{número de dias de produção de resíduos na semana}}{\text{número de dias efetivamente coletados}}$

Em geral, adota-se um valor que corresponde de 70 a 80% da capacidade nominal, considerando-se a variabilidade da quantidade de resíduo coletada a cada dia. É recomendado a elaboração de uma tabela por turno de trabalho em que seja indicado, para cada setor, a demanda de veículos para cada dia da semana.

A partir disto, obtém-se a frota total para cada dia. A maior frota calculada durante os sete dias da semana corresponde à frota necessária para aquele turno. Dentre as frotas identificadas para todos os turnos a maior representa a frota mínima necessária para o serviço de coleta do município. É usual acrescentar um adicional de segurança para manutenção e emergências.

Segundo o CEMPRE - 2018, deve-se considerar que a frota total não corresponde à soma dos veículos necessários para todos os setores, pois, a coleta não ocorre em todos os setores nos mesmos dias e horários. A frota total efetivamente necessária corresponderá ao maior número de veículos que precisam operar concomitantemente num mesmo dia e horário.

Os equipamentos de segurança recomendados para os veículos de coleta de resíduos domiciliares, segundo a NBR n° 12.980/93, são os elencados abaixo.

- Jogo de cones para sinalização, bandeirolas e pisca-pisca acionado pela bateria do caminhão;
- Duas lanternas traseiras suplementares;
- Estribo traseiro de chapa xadrez, antiderrapante;
- Dispositivo traseiro para os coletores de resíduos sólidos se segurarem;
- Extintor de incêndio extra com capacidade de 10 kg;
- Botão que desligue o acionamento do equipamento de carga e descarga ao lado da tremonha de recebimento dos resíduos, em local de fácil acesso, nos dois lados;
- Buzina intermitente acionada quando engatada a marcha ré do veículo coletor;
- Lanterna pisca-pisca giratória para a coleta noturna em vias de grande circulação

Coleta Seletiva

A coleta seletiva é essencial para atingir as metas de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos. Almejando, desta forma, o envio apenas dos rejeitos para os aterros sanitários, diminuindo também os impactos negativos ao ambiente na busca de novos recursos e os custos do sistema de gerenciamento de resíduos como um todo.

Sendo assim, o Artigo 9° do Decreto n° 7.404/10, que regulamenta a Lei n° 12.305/10 – PNRS diz que:

> "O sistema de coleta seletiva será implantado pelo titular do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e deverá estabelecer, no mínimo, a separação de resíduos secos e úmidos e, progressivamente, ser estendido à separação dos resíduos secos em suas parcelas específicas, segundo metas estabelecidas nos respectivos planos".

Desta forma, a coleta seletiva intitulada na Lei Federal nº 12.305/10 – PNRS, possui como definição para a mesma os resíduos previamente separados

de acordo com a sua constituição e composição, devendo ser implantada por municípios como forma de encaminhar as ações destinadas ao atendimento do princípio da hierarquia na gestão de resíduos.

No Brasil, de acordo com dados fornecidos pela ABRELPE, 2021, 4.145 municípios possuem sistema de coleta seletiva, ou seja, 74,4%. Contudo, a realização dessas atividades são incipientes e não abrangem todos os bairros nos municípios. Sul (91,2%) e Sudeste (90,6%) são as regiões que apresentam os maiores percentuais de municípios com alguma iniciativa de coleta seletiva.

Para a sociedade a adoção de políticas voltadas a coleta seletiva de materiais recicláveis, os ganhos são ainda maiores, pois a Prefeitura poderá criar programas de valorização econômica destes materiais e haverá uma maior geração de empregos com a inclusão dos catadores informais e, inclusive, com a regularização dos atravessadores informais.

Por iniciativa do Movimento Nacional do Catadores de Materiais Recicláveis – MNCR, foi fundada a Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis – ANCAT, que foca sua atuação no apoio a organização social e econômica dos catadores de materiais recicláveis e suas organizações, o que realiza por meio de ações e projetos voltados a qualificação produtiva e fortalecimento econômico da categoria.

Segundo ainda a ABRELPE, os materiais mais coletados pelas cooperativas e associações de catadores acompanhadas pela ANCAT, estão divididos nas seguintes categorias: papéis, plásticos, alumínio, outros metais (sucata e cobre, por exemplo), vidros e outros materiais (eletroeletrônicos, óleos e gorduras residuais e outros materiais não especificados).

Essas mesmas categorias podem ser subdivididas em outras de acordo com a comercialização do material. Assim, a ANCAT registrou no ano de 2020 o volume total e o faturamento das cooperativas e associações de catadores acompanhadas pela entidade, faturando aproximadamente R$ 159 milhões com a coleta e comercialização de 326.700 toneladas de resíduos recicláveis.

A proposta da padronização dos recipientes para os resíduos recicláveis implica também na adoção desta padronização nas atuais e futuras instalações, podendo o município desenvolver programas de sensibilização para o incentivo à implantação.

Desta forma, a Resolução CONAMA nº 275/01, estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos gerados para serem adotados na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. A tabela abaixo mostra as cores específicas para cada tipo de resíduo, conforme determinado pela Resolução CONAMA em questão.

Tabela 77 - Cores de identificação de resíduos sólidos.

CORES	TIPOS DE RESÍDUOS
	Papel e Papelão
	Plásticos
	Vidros
	Metais
	Madeiras
	Resíduos Perigosos
	Resíduos Ambulatoriais e Serviços de Saúde
	Resíduos Radioativos
	Resíduos Orgânicos
	Resíduos Não Recicláveis

Fonte: Resolução CONAMA 275/2001. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Para que essas informações cheguem até as pessoas é importante ressaltar que sejam implantadas políticas de sensibilização da população, mostrando o seu importante papel no processo de segregação dos resíduos e promovendo a ampliação dos índices de coleta seletiva.

A Prefeitura, por outro lado, deve instalar recipientes específicos nas principais vias públicas, prédios públicos, praças, centros esportivos, escolas e em outros locais onde se achar necessário. A figura abaixo exemplifica os recipientes abordados acima.

Figura 110 - Recipientes para a coleta seletiva.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Estes coletores deverão estar bem identificados e a Prefeitura Municipal de Paraibuna poderá implantar meios de fiscalização para que a população respeite a proposta deste tipo de coleta. Através de campanhas educacionais e punições, a Prefeitura terá condições de promover a triagem dos resíduos sólidos logo na origem, facilitando as outras etapas de segregação dos materiais recicláveis.

Por outro lado, o Município também poderá optar por metodologias mais simples para a separação dos resíduos recicláveis junto à população. A tabela abaixo mostra as possíveis formas de segregação de resíduos sólidos.

Tabela 78 - Formas de segregação dos resíduos sólidos.

FORMAS DE SEGREGAÇÃO	DEFINIÇÃO	ILUSTRAÇÃO
Coleta Tríplice	Separação entre os resíduos recicláveis	
Coleta Binária	Separação entre resíduos recicláveis secos e resíduos úmidos (matéria orgânica e não recicláveis).	
Coleta de Diversas Categorias	Separação dos resíduos recicláveis entre papel e papelão, plásticos, metais, vidros e	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Formas de execução da coleta seletiva

Abaixo seguem relacionados os modelos mais comuns de execução da coleta seletiva implantados pelos municípios brasileiros.

Destaca-se que o Município de Paraibuna não dispõe de um sistema estruturado de coleta seletiva, nem conta com associações ou cooperativas de catadores formalmente estabelecidas.

Atualmente, a coleta de materiais recicláveis é realizada por catadores informais, que organizam com os moradores dos bairros o agendamento dos dias e horários para a coleta.

Os próprios moradores são responsáveis por separar e armazenar os materiais recicláveis até que sejam recolhidos, conforme detalhado no diagnóstico.

Abaixo seguem algumas recomendações que podem ser adotadas pelo município para aprimoramento e manutenção de seu sistema.

- Ponto de entrega voluntária: os PEVs são locais de responsabilidade pública ou privada, geralmente implantados em grandes centros comerciais, como shoppings centers, hipermercados, postos de combustível e prédios públicos. Nesta modalidade, o gerador separa os seus resíduos na fonte, comumente em suas residências e os deposita em um dos locais citados acima. Em PEVs de característica privado, o gerador pode solicitar aos responsáveis as evidências de destinação correta dos materiais recicláveis. O ponto ou local de entrega voluntária de resíduos recicláveis é considerado como um excelente método de Educação Ambiental, pois, desperta na população a consciência sobre a importância de se destinar corretamente os resíduos sólidos;

- Postos de trocas: os postos de trocas permitem que o gerador de resíduos residenciais e comerciais, troquem seus materiais recicláveis em bom estado de conservação por algum tipo de produto, tais como descontos, vales-transporte, vales-refeição ou até mesmo ser remunerado pelo material reciclável entregue. Ressalta-se que esta modalidade é nova no país e ainda pouco difundida;

A tabela abaixo mostra as vantagens e desvantagens dos principais modelos de execução de coleta seletiva.

Tabela 79 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de execução da coleta seletiva.

MODALIDADE	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
COLETA SELETIVA PORTA A PORTA	1) Dispensa o deslocamento das pessoas até um local de entrega voluntária, aumentando a adesão ao programa; 2) Facilita a mensuração, identificando os imóveis participantes; 3) Otimiza a descarga nos Centros de Triagens de Resíduos Sólidos – CTRS.	1) Custo elevado de operação, com o aumento da frota necessária para a coleta e de recursos humanos.
PONTOS OU LOCAIS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA	1) Menor custo para a coleta; 2) Induz a população a compreender as diferentes cores dos recipientes – Educação Ambiental; 3) Os materiais são encaminhados ao Centro de Triagem já separados; 4) Permite a publicidade ou o patrocínio privado; 5) Boa qualidade dos resíduos recebidos; 6) Aumento da cidadania com a fidelização das pessoas.	1) É necessário que a população se desloque até os pontos, podendo ocasionar desestímulos ao programa; 2) Manutenção periódica dos recipientes, como limpezas e reformas, já que os mesmos se encontram expostos as intempéries e ao vandalismo; 3) Capacidade limitada de armazenamento; 4) Constante visitas de catadores informais; 5) Impedimento da mensuração, não havendo o controle de quais domicílios aderiram ao programa.
ASSOCIAÇÕES OU COOPERATIVAS DE CATADORES	1) Promove a inclusão social através do trabalho e renda; 2) Reduz os custos da Prefeitura com a coleta e a triagem dos materiais; 3) Maior independência sobre as vulnerabilidades ocorridas na gestão municipal, como troca de governo ou corte em orçamentos; 4) Através desta modalidade de execução de coleta seletiva, o município possui prioridades para a obtenção de recursos junto à União.	1) Comumente estas Associações ou Cooperativas de Catadores preferem materiais de maior valor de mercado; 2) Riscos de acidentes de trabalho, com manuseios de prensas e outros tipos de equipamentos mecânicos; 3) Alta rotatividade de colaboradores; 4) Impedimento da mensuração, não havendo o controle de quais domicílios aderiram ao programa.

POSTOS DE TROCAS	1) Maior adesão da população, pois, permite que pessoas de baixa renda tenham uma receita extra;	1) Preferência a materiais de maior valor de mercado; 2) Impedimento da mensuração, não havendo o controle de quais domicílios aderiram ao programa.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Alguns procedimentos e recomendações são necessários para a instalação de PEV, sendo eles:

- O local não poderá estar susceptível a inundações;
- Os pontos de entrega voluntária deverão estar em locais de grande movimentação de pessoas, como praças, centros comerciais, escolas e prédios públicos;
- O local deverá estar coberto para evitar acúmulo de água da chuva em seu interior;
- O local deverá estar sempre bem iluminado;
- O acondicionamento dos resíduos deverá ser composto por big bags de cento e vinte litros cada;
- A retirada dos resíduos recicláveis deverá ocorrer semanalmente;
- Correta identificação para cada tipo de resíduo;
- Instalação de dobradiças na parte frontal, facilitando a retirada dos big bags;
- Identificação dos responsáveis pela manutenção e coleta dos resíduos recicláveis;
- Os resíduos recicláveis não poderão ser compactados dentro dos big bags.

A figura abaixo mostra um PEV ou local de entrega voluntária de resíduos recicláveis, que o Município poderá adotar em pontos estratégicos da área urbana e rural.

Figura 111 - Exemplo de entrega voluntária de resíduos sólidos.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Complementarmente à coleta seletiva porta a porta, é recomendável por este trabalho que seja instalado no mínimo um PEV para cada 5.000 habitantes, já o posto de troca, que conta com estrutura de atendimento, pode abranger um raio populacional de até 20.000 habitantes.

Os pontos de entrega voluntária de resíduos recicláveis deverão ser implantados primeiramente na região central da cidade e depois expandidos para o restante do município. Sendo assim, em Paraibuna poderá ser desenvolvido a identificação de pontos específicos para as instalações futuras de PEV pelo Poder Público local.

Veículos Utilizados para a Coleta Seletiva

O tipo de veículo a ser utilizado na coleta e transporte dos resíduos recicláveis deve assegurar as características dos materiais, de modo que haja a separação dos mesmos e a devida proteção no armazenamento. O Município de Paraibuna, conforme foi apresentado na etapa de diagnóstico, possui uma frota de 3 caminhões para a coleta seletiva.

A escolha do mesmo deverá considerar as características dos resíduos e a funcionalidade e otimização do sistema, considerando, principalmente, as idiossincrasias dos logradouros dos diferentes setores de coleta. Sendo assim,

abaixo segue um exemplo de caminhão que pode ser utilizado para a coleta seletiva.

Figura 112 - Exemplo de veículo para coleta seletiva.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Guarnições da Coleta Seletiva

Como na coleta são utilizados veículos sem dispositivo de compactação, recomenda-se que a equipe de trabalho seja composta por dois ou três trabalhadores, além do motorista. Um permanece sobre a carroceria, ajeitando a carga para melhor aproveitamento da capacidade do veículo, enquanto os demais executam a coleta propriamente dita.

Naturalmente, o número de coletores deve variar de acordo com as necessidades locais, aumentando ou diminuindo em função do relevo, das distâncias percorridas ou da quantidade de materiais recolhidos.

Os uniformes e os equipamentos de proteção individual podem ser os mesmos usados pelas equipes da coleta regular, salientando-se a importância do uso de luvas de raspa de couro para a proteção das mãos e braços de ferimentos causados por vidro quebrado ou outros materiais cortantes ou perfurantes. Quando possível, uma marca ou símbolo da coleta seletiva

estampada no uniforme é sempre bem-vinda, e chamará a atenção positivamente para o processo implantado pela municipalidade.

3.3.4. Destinação Final

Neste capítulo, serão discutidas as formas corretas de destinação final para os resíduos sólidos domiciliares, comerciais e para os resíduos sólidos provenientes da coleta seletiva. O Artigo 3° da Lei n° 12.305/2010, define a destinação final ambientalmente adequada da seguinte forma:

> *"Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos".*

Sendo assim, torna-se necessário o estudo e a análise para a implantação correta de processos de encaminhamento dos resíduos, desde a sua origem, até a sua destinação ou disposição final ambientalmente adequada.

Contudo, existem maneiras de implantar este tipo de empreendimento de maneira consorciada, de acordo com a Lei Federal n° 11.107/2005, permitindo uma série de vantagens aos municípios e entre elas, o ganho em escala nas operações, uma vez que mais de um município utilize do mesmo local de disposição final. Vale pontuar a necessidade de soluções ambientalmente adequadas para a disposição de outros rejeitos, como os da construção civil e os resíduos perigosos.

A possibilidade de implantar os demais serviços numa mesma área, deverá ser considerada, pois a implantação de centrais de triagem e compostagem no mesmo ambiente do aterro sanitário otimiza as atividades relacionadas à disposição final dos resíduos e consequentemente reduz os

custos referentes ao transporte realizado em cada etapa. Desta forma, a tabela abaixo mostra o tipo de resíduo, a sua origem, a sua composição, o responsável e a destinação final adequada.

Tabela 80 - Tipos de resíduos, origem e responsabilidade.

Tipo de Resíduo	Origem	Composição	Destinação Final Adequada	Responsável
Resíduos domiciliares	Originários de atividades domésticas em residências urbanas.	Resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos orgânicos: compostagem. Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Município
Resíduos de limpeza urbana	Originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas.	Resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos orgânicos: compostagem. Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Município
Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço	Originários de atividades comerciais.	Resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos orgânicos: compostagem. Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Gerador
Resíduos de serviços de transporte	Originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários, ferroviários e de passagens de fronteiras.	Resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos orgânicos: compostagem. Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Gerador
Resíduos industriais	Gerados nos processos produtivos e instalações industriais.	Resíduos orgânicos, resíduos recicláveis, resíduos não recicláveis e resíduos perigosos.	Resíduos orgânicos: compostagem. Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário. Resíduos perigosos: aterro de resíduos Classe I.	Gerador
Resíduos de serviços de saúde	Gerados em unidades de prestação de cuidados de saúde, em atividades de prevenção, diagnóstico, tratamento, reabilitação e investigação relacionada com seres humanos ou animais, em farmácias, em atividades médico-legais, de ensino e em quaisquer outras que envolvam procedimentos invasivos.	Resíduos perigosos.	Aterro de resíduos Classe I	Gerador

Resíduos da construção civil	Gerados em obras e reformas.	Resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Gerador
Resíduos agrossilvopastoris	São aqueles gerados por todas as atividades do setor agrossilvopastoril incluindo empresas como as serrarias, madeireiras, frigoríficos, abatedouros, além de toda a indústria de alimentos agrícolas e produtores de insumos agropecuários.	Resíduos perigosos.	Logística reversa e aterro de resíduos Classe I	Gerador
Resíduos de mineração.	Resultantes dos processos de beneficiamento que são submetidas as substâncias minerais.	Resíduos perigosos e resíduos não recicláveis.	Resíduos não recicláveis: aterro sanitário. Resíduos perigosos: aterro de resíduos Classe I.	Gerador

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Destinação Final dos Resíduos da Coleta Seletiva

Para a situação atual de Paraibuna, é essencial que o município se dedique à criação e formalização de uma associação ou cooperativa de catadores. Esse processo deve incluir a capacitação dos catadores informais que já atuam na coleta, organizada em acordo com os moradores dos bairros para definir dias e horários.

Além da formalização da associação ou cooperativa, caberá à Prefeitura Municipal disponibilizar um espaço adequado, como um galpão, destinado à triagem e armazenamento dos materiais recicláveis. Esse local deverá ser equipado com máquinas e dispositivos apropriados, como esteiras transportadoras, prensas enfardadeiras, balanças eletrônicas, entre outros equipamentos necessários para o processamento eficiente dos materiais.

Com a equipe devidamente formalizada e um local estruturado para a triagem, os resíduos coletados seletivamente serão encaminhados para esse centro de processamento, onde passarão por etapas de separação e tratamento. Posteriormente, os materiais recicláveis poderão ser comercializados, gerando renda e contribuindo para a sustentabilidade do sistema de gerenciamento de resíduos.

Para que o Município de Paraibuna não seja responsabilizado por qualquer dano que a falta de organização do local possa gerar. Ressalta-se, que a população poderá acompanhar a destinação final dos materiais recicláveis, no qual a mesma foi fundamental para o sucesso e aprimoramento deste projeto. Desta forma, a tabela abaixo mostra as etapas em que um resíduo reciclável é submetido dentro do processo de reciclagem.

Tabela 81 - Etapas do processo de reciclagem dos materiais.

AGREGAÇÃO DE VALOR	Etapa	Vidro	Papel	Plástico	Metal
	Beneficiamento Primário	Separação	Separação	Separação	Separação
			Prensagem	Prensagem	Prensagem
			Enfardamento	Enfardamento	Enfardamento
	Beneficiamento Secundário	Granulação	Trituração	Trituração	Fusão
		Prensagem	Hidratação	Lavagem	Laminação
		Homegeneização	Purificação	Aglutinação	Extrusão
		Fusão	Geração da polpa	Extrusão	

Fonte: Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, 2014. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Destinação Final dos Resíduos da Coleta Domiciliar e Comercial

Os resíduos domiciliares e comerciais do Município de Paraibuna, juntamente com os resíduos recicláveis, são destinados para o Aterro Sanitário do Município de Jambeiro, através de contrato com a UTGR Jambeiro.

Por mais que, de maneira geral, o município apresenta boas estruturas no gerenciamento de seus resíduos, a disposição final dos mesmos gera um certo custo ao poder público em relação ao transporte e no pagamento de taxas, sendo de decisão do próprio município em continuar com este sistema, ou na aquisição de um aterro de caráter municipal ou consorciado. Entretanto, abaixo seguem as recomendações mínimas e critérios estipulados pela ABNT NBR n° 15.849/2010, para a construção e operação de aterros sanitários.

Tabela 82 - Critérios para implantação de aterro sanitário.

Critérios	Definição
Impermeabilização	Elemento de proteção destinado a isolar resíduos do solo natural de maneira a minimizar a infiltração de lixiviados e de biogás.
Drenagem de lixiviados	Conjunto de estruturas que tem por objetivo possibilitar a remoção e destinação adequada do lixiviado gerado no interior dos Aterros.

Tratamento de lixiviados		Instalações e estruturas destinadas à atenuação das características do lixiviado dos Aterros Sanitários atendendo a legislação no que tange ao descarte de efluentes.
Drenagem de gases		Conjunto de estruturas que tem por objetivos possibilitar a remoção adequada dos gases gerados no interior dos Aterros.
Tratamento de gases		Instalações e estruturas destinadas à queima em condições adequadas ou aproveitamento dos gases drenados dos Aterros Sanitários.
Drenagem de águas pluviais		Conjunto de estruturas que tem por objetivo captar e dispor de forma adequada às águas da chuva incidentes sobre as áreas aterradas em seu entorno.
Cobertura operacional		Camada de material aplicada sobre os resíduos ao final de cada jornada de trabalho, destinado a minimizar a infiltração das águas das chuvas, evitar o espalhamento de materiais leves pela ação do vento, a presença de materiais, a proliferação de vetores e a emanação de odores.
Critérios		**Definição**
Cobertura final		Camada de material aplicada sobre os resíduos, destinada ao fechamento da área aterrada, garantindo a integridade do maciço, minimizando a infiltração das águas de chuva e possibilitando o uso futuro da área.
Isolamento físico		Dispositivos que tem por objetivo controlar o acesso as instalações dos Aterros Sanitários, evitando desta forma a interferência de pessoas não autorizadas e animais em sua operação ou a realização de descargas irregulares de resíduos, bem como diminuir ruídos, poeira e odores no entorno do empreendimento.
Monitoramento	Águas Subterrâneas	Estruturas, instrumentos e procedimentos que tem por objetivo a avaliação sistemática e temporal das alterações da qualidade das águas subterrâneas.

Monitoramento	Águas Superficiais	Estruturas, instrumentos e procedimentos que tem por objetivo a avaliação sistemática e temporal das alterações da qualidade das águas superficiais.
	Geotécnico	Instrumentos e procedimentos destinados a acompanhar o comportamento mecânico dos maciços, visando a avaliação das suas movimentações e condições de estabilidade.

Fonte: ABNT NBR n° 15.849, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A tabela abaixo mostra a infraestrutura básica para a instalação de aterros sanitários, de acordo também com a ABNT NBR n° 15.849/2010.

Tabela 83 - Infraestrutura básica para instalação de aterro sanitário.

Instalações Necessárias	Definição
Guarita ou portaria	Local onde são realizados os trabalhos de recepção, inspeção e controle dos caminhões e veículos que chegam à área do Aterro Sanitário.
Balança	Local onde é realizada a pesagem dos veículos coletores para se ter controle dos volumes diários e mensais dispostos no Aterro Sanitário.
Sinalização	Placas indicativas das unidades e advertência nos locais de risco.
Cinturão verde	Cerca viva com espécies arbóreas no perímetro da instalação.
Acessos	Vias externas e internas, construídas e mantidas de maneira a permitir sua utilização sob quaisquer condições climáticas.
Iluminação e energia	Ligação à rede de energia para uso dos equipamentos e ações de emergência no período noturno, caso necessário.
Comunicação	Ligação a rede de telefonia fixa, celular ou rádio para comunicação interna e externa, principalmente em ações de emergência.
Abastecimento de água	Ligação à rede pública de abastecimento tratada ou outra forma abastecimento, para uso nas instalações de apoio e para umedecimento das vias de acesso.

Instalações de apoio operacional	Prédio administrativo contendo, no mínimo, escritório, refeitório, copa, instalações sanitárias e vestiários.
Área de disposição de resíduos	Local destinado ao aterramento dos resíduos, previamente preparado, em conformidade com as normas técnicas e ambientais vigentes, com adoção de sistemas de impermeabilização de base e das laterais e de drenagens de chorume, de águas pluviais e de gases.

Fonte: ABNT NBR n° 15.849, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

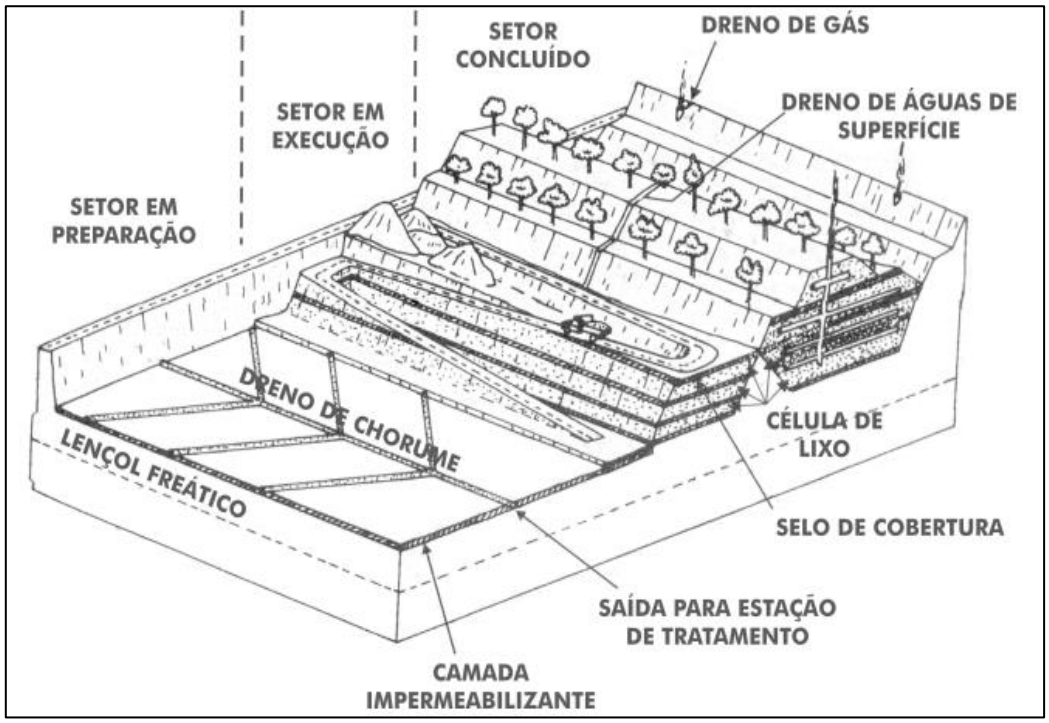


Figura 113 - Dinâmica estrutural de aterro sanitário.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Destaca-se também a necessidade de se haver nos locais, profissionais habilitados para a recepção e identificação dos resíduos sólidos, realizando a inspeção visual e certificando que o resíduo recebido esteja dentro da Classe compatível com a que o aterro está licenciado.

Além dos critérios básicos de infraestrutura apresentados acima, ressaltam-se as áreas favoráveis a implantação de aterro sanitário disponíveis no município, em relação a presença de reserva legal, corpos hídricos, influência urbana, declividade, dentre outros expressados nos capítulos anteriores, caso seja de interesse do município a aquisição de um aterro sanitário próprio.

3.3.5. Resíduos da Limpeza Pública

As atividades de limpeza pública definidas na Lei n° 11.445/2007 - Lei Federal de Saneamento Básico, dizem respeito da varrição, podas, capina, raspagem, remoção de solo e areia em logradouros públicos, desobstrução e limpeza de bueiros, bocas de lobo e galerias, limpeza dos resíduos de feiras públicas e eventos particulares ou de acesso aberto ao público, atividades correlatadas como limpeza de escadarias, sanitários, abrigos, monumentos entre outros.

Dentre os principais problemas relacionados a esses tipos de resíduos, cita-se o fato de os mesmos serem constituídos, em sua maioria, por materiais de pequenas dimensões, tornando-os menos aparentes que os demais e com poucas opções de destinação final. Atualmente, a quantidade total de trabalhadores remunerados envolvidos nos serviços varrição e capina / roçada são de 18 trabalhadores em Paraibuna, de acordo com o SNIS. Em virtude da variação dos serviços e a sua abrangência específica em cada município, as ações de planejamento são voltadas especificamente com a implantação de tecnologias e principalmente na forma consorciada de aquisição.

Conforme será apresentado neste Plano, busca-se desenvolver mecanismos onde a gestão dos resíduos de limpeza pública do município, favoreça a redução dos custos dos maquinários utilizados nesta limpeza, bem como trabalhe de forma adequada a destinação destes resíduos.

As diretrizes que possam implementar a triagem obrigatória dos resíduos no próprio processo de limpeza pública e no fluxo coordenado dos materiais até as áreas de triagem, transbordo e outras áreas de destinação, são apresentadas como soluções para a gestão que se almeja.

Ressalta-se, que a limpeza pública possui como objetivo central a saúde ambiental dos municípios, prevenindo desta forma, a proliferação de vetores, a ocorrência de enchentes ou assoreamentos, ocasionados pelos acúmulos de resíduos nas galerias pluviais e bocas de lobo.

Outra questão importante relacionada a limpeza urbana é sobre o caráter estético do município. Quando as vias públicas, praças, jardins e terrenos vazios estão limpos e bem cuidados, a população percebe a benfeitoria e a boa

aparência, colaborando desta forma, com a manutenção destes locais, como, por exemplo, não jogando seus resíduos nas vias públicas. O município estando limpo e bem cuidado propicia também uma boa impressão e imagem, principalmente para os turistas.

Seguindo estas diretrizes, seguem abaixo as descrições, os procedimentos e as especificações técnicas necessárias para os serviços relacionados a limpeza pública.

Varrição e Manutenção de Vias e Logradouros Públicos

O serviço de varrição possuí a sua definição pela ABNT NBR n° 12.980/1993, sendo:

> "O ato de varrer vias, calçadas, sarjetas, túneis e logradouros públicos, em geral pavimentados, de forma manual ou mecânica".

A varrição pode ser considerada a principal atividade dentro dos serviços de limpeza urbana. Geralmente, esta atividade possui um grande número de colaboradores e a sua frequência está relacionada as dimensões físicas do Município, assim como, as características ambientais regionais, o grau de conscientização das pessoas e os procedimentos operacionais estipulados pelo Poder Público.

É comum no Brasil, principalmente em pequenos municípios, a varrição ser executada de forma manual, justificando desta forma o grande número de colaboradores envolvidos nesta atividade. Pois, quanto maior o município, maiores são as vias públicas a serem limpas e varridas.

Ressalta-se, que para os serviços de varrição, comumente, são utilizadas mão de obra com menor qualificação profissional e, população de baixa renda. Enquanto que em municípios maiores ou, em países mais desenvolvidos, este tipo de serviço é realizado de forma mecânica, aumentando a eficiência da limpeza. A figura abaixo mostra um equipamento de varrição mecanizada.

Figura 114 - Equipamento utilizado para varrição mecânica.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Prefeitura de Paraibuna poderá implantar procedimentos para a otimização dos serviços de varrição, determinando, por exemplo, que as varrições sejam realizadas em uma faixa de até um metro de distância das sarjetas. Sendo os passeios particulares, tendo a sua manutenção e limpeza sob responsabilidade dos seus proprietários, onde esta determinação poderá estar inserida no Código de Obras Municipal ou, em outra legislação municipal pertinente.

Sendo assim, ao realizar o serviço de varrição, os colaboradores envolvidos deverão acondicionar os resíduos sólido em sacos plásticos de até cem litros, deixando-os dispostos sobre os passeios para posterior coleta convencional de resíduos sólidos. Estes resíduos, como são caracterizados como resíduos não recicláveis, deverão ser encaminhados para destinação final.

Dentre as ferramentas e materiais necessários para um melhor aproveitamento das varrições manuais, seguem abaixo uma relação dos mais utilizados:

- Vassourão ou escovão;
- Pás;
- Carrinho do tipo lutocar;
- Carriolas;
- Sacos de lixo na cor preta.

Recomenda-se, que para os resíduos sólidos provenientes do serviço de varrição e manutenção de vias e logradouros públicos, a coleta, deve ser realizada por veículo coletor independente, para que o controle da pesagem seja diferenciado e, que possa haver um banco de dados com informações sobre o sistema e a dinâmica do serviço de varrição pública.

Dentro dos procedimentos implantados pela Prefeitura, relacionados a este serviço, deverá haver o controle da periodicidade, pois, de acordo com as características físicas e sociais de cada logradouro, as varrições poderão ocorrer diariamente, de dois a três dias ou, semanalmente.

Os procedimentos dos serviços de varrição deverão conter também os itinerários de coleta dos resíduos provenientes deste serviço, a fiscalização e as equipes envolvidas. De acordo com o Diagnóstico Técnico, o Departamento Municipal de Serviços Municipais é a responsável pela contratação de empresa especializada nos serviços de limpeza pública e coleta de resíduos em Paraibuna. Porém, a tabela abaixo apresenta proposta técnica, que poderá ser adotada pela Prefeitura, a fim de melhorar a eficiência do sistema e diminuir os custos destas atividades.

Figura 115 - Proposta de frequência para os serviços de varrição pública.

LOCAL	FREQUÊNCIA	PERÍODO	OBSERVAÇÕES
Bairros residenciais	Três a quatro vezes por semana	Diurno	Preferência pelas vias de maior movimento.
Comercial	Diária	Diurno e noturno	Preferência pelas vias de maior movimento.
Feiras, festas e exposições	Conforme a demanda	Após a realização do evento	Em caso de eventos particulares, para a realização das varrições durante o evento, deverão os organizadores a contratar a sua própria mão de obra.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A atividade de varrição deverá ser realizada sempre por grupos de dois colaboradores, revezando entre eles a coleta e a varrição. Estes colaboradores

deverão sempre estar munidos de EPIs fornecidos pela Prefeitura ou empresa terceirizada, caso seja este o tipo de contratação para a execução do serviço.

A fiscalização de todo o procedimento de varrição e manutenção de vias e logradouros públicos, deverá ser realizada por um supervisor de cada equipe, oferecendo também, todo o apoio logístico, de materiais e qualquer outro tipo situação que seja necessário para melhorar a execução do serviço. Podendo ser realizado também, uma pesquisa de opinião junto à população, para avaliar a qualidade dos serviços.

Limpeza de Feiras

A limpeza de feiras se assemelha com o serviço de varrição de vias públicas, porém, com a especificidade de haver em feiras uma maior quantidade de alimentos dispersos em lixeiras e no próprio chão. A Prefeitura de Paraibuna deve realizar uma campanha educacional com os feirantes orientando-os, a não misturar os alimentos que não foram comercializados com os outros tipos de resíduos. Facilitando o envio destes ao sistema de compostagem a ser instalado no município.

O dimensionamento da mão de obra para a realização do serviço de limpeza de feiras dependerá do tamanho e das características do local de realização. Comumente, nas diversas feiras espalhadas pelos municípios brasileiros, as varrições e a lavagem do local ocorrem ao término da mesma.

A Prefeitura deverá implantar um procedimento, no qual, em dias de realização de feiras uma equipe é deslocada até o local, acompanhadas de um caminhão pipa e de um supervisor. As ferramentas necessárias para a realização da limpeza são as mesmas utilizadas nos serviços de varrição de vias públicas.

Após o recolhimento e acondicionamento dos resíduos em sacos plásticos de até cem litros, os mesmos deverão estar dispostos sobre o passeio, para posterior coleta e destinação final ambientalmente adequada. Finalizando este procedimento o caminhão pipa realizará a lavagem do local.

Limpeza de Eventos Festivos

Como dito anteriormente, ao ocorrer eventos festivos particulares em locais públicos, como, parques de exposições, praças e jardins, vias públicas, centro de convenções municipal, ginásio esportivo municipal, praias públicas e entre outros, a responsabilidade de limpeza e arrumação do local é do próprio organizador.

A organização do evento festivo deverá contratar a mão de obra necessária para recolher os resíduos gerados e a Prefeitura deverá cobrar uma taxa dos organizadores do evento festivo, para a coleta e a destinação final dos resíduos gerados. Seja através de contrato com a organização do evento festivo, seja através de leis municipais específicas.

Cabe a organização do evento festivo também, disponibilizar no local acondicionadores de resíduos sólidos para a coleta seletiva e, divulgar o programa dentro do evento. Pois, este tipo de ação pode apresentar resultados satisfatórios na coleta de recicláveis.

Entretanto, quando o evento festivo for de caráter público, a Prefeitura poderá disponibilizar uma equipe do serviço de varrição e manutenção de vias e logradouros públicos, para a realização da limpeza e arrumação do local. Porém, para isso, algumas medidas são necessárias como:

- Efetuar a limpeza durante todo o evento, evitando desta forma grandes acúmulos de resíduos sólidos;
- Aumentar temporariamente o efetivo de colaboradores;
- Aumentar o número de turnos para a limpeza;
- Disponibilizar um número maior de acondicionadores de resíduos sólidos;
- Disponibilizar também um número maior de acondicionadores de resíduos sólidos para a coleta seletiva.

Todos os resíduos gerados, tanto em eventos públicos, como em eventos particulares, devem ser destinados ao aterro sanitário que atende o município.

Caso os acondicionadores da coleta seletiva estejam com resíduos recicláveis em seu interior, estes devem ser destinados para a reciclagem.

Limpeza de Praças e Jardins

Assim como a varrição e manutenção de vias e logradouros públicos, a limpeza de praças e jardins seguem os mesmos procedimentos. Vale lembrar que estes espaços são públicos, com grande circulação de pessoas e, necessitam de constantes manutenções para que a população continue usufruindo deste bem comum.

As varrições deverão ser realizadas no mínimo a cada três dias e, as podas dos gramados e galhos de árvores, ocorrendo conforme a demanda. Geralmente, a maior demanda envolvendo os serviços de podas ocorre em períodos chuvosos.

A varrição e limpeza de praças e jardins devem ocorrer de duas formas, podendo ser, no momento em que as suas vias adjacentes estejam sendo varridas, desta maneira, os colaboradores se deslocariam até estes locais e realizariam as limpezas, ou, em dias específicos, com equipes destinadas apenas a limpeza de praças e jardins.

As ferramentas de trabalho utilizadas para a varrição de praças e jardins são as mesmas utilizadas para a varrição e manutenção de vias e logradouros públicos, assim como, o acondicionamento dos resíduos sólidos em sacos plásticos com até cem litros, a fiscalização do serviço por um supervisor, coleta sendo realizada pelo mesmo veículo coletor dos resíduos provenientes do serviço de varrição e, a destinação destes resíduos para o aterro sanitário.

Recomenda-se, que a Prefeitura realize campanhas educacionais junto à população, mostrando a importância em se conservar as praças e os jardins.

Por outro lado, deverá instalar recipientes de acondicionamento de resíduos sólidos, em pontos específicos destes locais, facilitando para as pessoas descartarem corretamente seus resíduos. Preferencialmente, instalando sempre coletores de resíduos exclusivos para a coleta seletiva, além, de toda a infraestrutura necessária para o lazer.

Roçada, Capina e Poda

Atualmente, alguns municípios do Brasil realizam a poda dos galhos das árvores quando necessário, enquanto que outros municípios realizam esta atividade apenas uma vez ao ano. O procedimento é quase o mesmo em todos os lugares e, a destinação atualmente é feita em terrenos baldios existentes nos municípios ou nos arredores. De acordo com a ABNT NBR n° 12980/1993, a definição de roçada e capina são:

- Roçada: corte de vegetação no qual se mantém uma cobertura vegetal viva sobre o solo;
- Capina manual: corte e retirada total da cobertura vegetal existente em determinados locais, com a utilização de ferramentas manuais;
- Capina química: eliminação de vegetais, realizada através de aplicação de produtos químicos que, além de matá-los, podem impedir o crescimento deles.

Na questão da capina química, deve-se atentar para a legislação local relacionada a utilização de produtos químicos para a mesma. Pois, há municípios no país, que proíbem dentro da área urbana o uso de produtos químicos para a atividade em questão, devido ao fato, de haver a probabilidade de contaminação do solo e da água.

A Prefeitura deverá exigir que a capina em terreno e passeios particulares, seja realizada pelos proprietários, cabendo a Prefeitura a fiscalização destas atividades. Enquanto que o Poder Público fica responsável pela capina e roçada de vias públicas, praças e margens de canais e rios, podendo ser realizada de forma manual ou mecanizada.

A frequência e periodicidade destas atividades serão mais intensificadas nos períodos chuvosos, devido ao aumento da radiação solar e, da quantidade de água disponível no solo, onde estes fatores citados contribuem para o rápido crescimento das plantas. Nos períodos mais secos, a Prefeitura poderá optar por capinas e roçadas mensais, caso haja a necessidade.

A equipe de colaboradores ou mão de obra necessária para estas funções poderão ser as mesmas equipes envolvidas em outras atividades de limpeza pública, alternando-se os períodos, as frequências e o número de colaboradores, de acordo com a necessidade. Dentre as ferramentas utilizadas para estas atividades, podem ser utilizadas:

- Foices;
- Roçadeiras;
- Rastelos;
- Ceifadeiras;
- Enxadas;
- Pás;
- Carriolas.

A vantagem em se utilizar ceifadeiras mecânicas portáteis, é o fato de as mesmas possuírem um rendimento até oito vezes superior as ceifadeiras manuais.

Sendo assim, deve-se priorizar a utilização desta ferramenta e, de ceifadeiras acopladas a tratores de pequeno e médio porte. Entretanto, a definição dos equipamentos a serem utilizados no momento da execução dos serviços, dependerá da disponibilização da mão de obra no local.

Os resíduos deverão ser ensacados e o mato cortado poderá ser amontoado para posteriormente, serem recolhidos, não podendo ultrapassar a marca de um ou dois dias, evitando assim, que as partes menores sejam carregadas pela água da chuva e os ventos e, que possam ser queimados por vândalos.

Os serviços de poda, assim como, os serviços de capina e roçada em vias públicas, praças, margens de canais e rios também são de responsabilidade do Poder Público. A Prefeitura deverá manter um sistema de comunicação periódico com a Companhia de Energia Elétrica responsável, em caso de necessidade em desligar a rede energizada para a execução do serviço de poda de galhos de árvores. O processo de execução de poda de galhos das árvores no município, deve ser coordenado por técnicos capacitados que promovam o mínimo de

distúrbios ao balanço fisiológico existentes e, assegurar o máximo de benefícios derivados destes resíduos.

Observando sempre as melhores épocas do ano para a realização desta atividade, em função do momento em que a árvore é capaz de suportar intervenções com o mínimo risco e melhores chances de recuperação. Os resíduos oriundos da roçada, capina e poda, podem ser utilizados como material seco para compostagem.

O Poder Público municipal, optando por terceirizar este tipo de serviço, a contratação deverá considerar os termos de períodos adequados à formação e manutenção de mão de obra bem treinada. Abaixo seguem as ferramentas necessárias para a eficiência da atividade de poda de galhos de árvores:

- Motosserras;
- Machados;
- Foices;
- Facão;
- Caminhão munck;
- Escadas ou plataformas elevatórias;
- Tesoura de poda;
- Serra de poda.

A manutenção das ferramentas dos serviços de roçada, capina e poda deverão estar sempre limpas e afiadas, e com todos os dispositivos de segurança aferidos. Os colaboradores deverão estar sempre munidos de Equipamentos de Proteção Individual e, a Prefeitura é a responsável pela manutenção das ferramentas e segurança dos colaboradores.

Outra questão relacionada aos resíduos da roçada, capina e poda é em relação a destinação do mesmo, de acordo com a etapa de diagnóstico, o município de Paraibuna armazena os resíduos verdes em espaço da própria Prefeitura, sem a presença de trituradores de galhos. Portanto, pode-se estabelecer uma parceria entre o município e o setor privado, onde empresas que atuam no segmento de limpeza pública e empresas que realizam o

aproveitamento de resíduos para uma destinação final adequada a estes tipos de resíduos.

Limpeza de Bocas de Lobo, Galerias e Valas de Drenagem

A limpeza de bocas de lobo, galerias e valas de drenagem é extremamente importante para o sistema de drenagem urbana no município. Pois, quando há o acúmulo de resíduos nestes locais, a probabilidade de enchentes ou alagamentos aumenta exponencialmente.

Os resíduos sólidos podem se deslocar para estes locais de inúmeras maneiras, podendo ser, na coleta irregular de resíduos sólidos, falta de cidadania por parte de alguns munícipes, que descartam seus resíduos em locais inapropriados ou, por parte dos colaboradores da varrição pública, onde por descuido ou por falta de informações e treinamentos varrem os resíduos para dentro das galerias.

Desta forma, recomenda-se para o município a realização da manutenção destes locais duas vezes ao mês, ou após grandes períodos chuvosos. Abaixo seguem a relação das ferramentas e equipamentos necessários para a manutenção de bocas de lobo, galerias e valas de drenagem.

- Pás;
- Enxadas;
- Picaretas;
- Ganchos;
- Aspiradores;
- Sopradores;
- Caminhão pipa para o jateamento de água.

Os resíduos coletados devem ser ensacados, quando possível, e destinados como resíduos não recicláveis para o aterro sanitário. Quando estes não puderem ser ensacados, deverão ser acondicionados em caminhões basculantes com o auxílio de pás-carregadeira.

Recomenda-se que a Prefeitura implemente um procedimento sistemático e padronizado para a limpeza e manutenção das bocas de lobo, galerias e valas de drenagem na cidade. Esse procedimento deve incluir a utilização de sistemas de informações georreferenciadas que permitam a identificação e mapeamento desses locais, bem como a definição de roteiros e periodicidade das manutenções.

A implementação desse procedimento deve considerar aspectos técnicos e ambientais, como a necessidade de preservar os ecossistemas aquáticos e assegurar a efetividade do sistema de drenagem urbana. Nesse sentido, é importante que as equipes de limpeza sejam treinadas e capacitadas para realizar a limpeza de forma adequada, com uso de equipamentos de segurança e técnicas que minimizem os impactos ambientais.

Além disso, a Prefeitura deve estabelecer mecanismos de monitoramento e controle da qualidade dos serviços prestados, com a utilização de indicadores de desempenho que permitam avaliar a efetividade do procedimento implementado. É importante também que a Prefeitura estabeleça parcerias com a sociedade civil e outras instituições para fomentar a participação e o engajamento da população na manutenção e conservação desses espaços públicos.

Dessa forma, a implantação de um procedimento para a limpeza das bocas de lobo, galerias e valas de drenagem com o uso de sistemas de informações georreferenciadas pode contribuir para a gestão sustentável dos recursos hídricos na cidade, prevenindo inundações, minimizando riscos ambientais e melhorando a qualidade de vida da população.

3.3.6. Resíduos dos Serviços de Saúde – RSS

Atualmente no Brasil, órgãos como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA e o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, assumem o papel de orientar, fiscalizar e definir as regras referentes ao gerenciamento e ao manejo dos resíduos dos serviços de saúde.

Desta forma, consideram-se os resíduos dos serviços de saúde os provenientes dos atendimentos clínicos à saúde humana ou animal, incluindo os

atendimentos as consultas domiciliares e de trabalho de campo. Abaixo seguem a relação dos estabelecimentos geradores de RSS, segundo a Resolução CONAMA n° 358/2005:

- Hospitais;
- Clínicas médicas e odontológicas;
- Farmácias e drogarias;
- Laboratórios de análises clínicas e postos de coleta de material biológico;
- Serviços de acupuntura;
- UTIs móveis;
- Instituto Médico Legal;
- Clínicas veterinárias;
- Centros de controle de zoonoses;
- Funerárias;
- Institutos educacionais e de pesquisas médicas;
- Serviços de tatuagens.

Os resíduos dos serviços de saúde constituem uma parte importante do total de resíduos sólidos urbanos produzidos, não pela quantidade gerada, mas sim pelo seu potencial poluidor que pode vir a resultar em um risco para a saúde e ao meio ambiente. Estes resíduos estão inseridos em uma problemática ambiental, da qual, vêm assumindo grande importância nos últimos anos, tanto em âmbito nacional como regional.

Com esta premissa referente à problemática dos resíduos resultantes dos serviços de saúde, deve-se considerar que as unidades geradoras devem possuir o Plano de Gerenciamento dos Resíduos da Saúde, que definem diretrizes para os procedimentos gerais e para o manejo destes resíduos.

Também deve ser observada na íntegra a Resolução CONAMA 358/2005 que dispõe especificamente sobre o tratamento e destinação final dos resíduos de serviços da saúde. O gerenciamento destes resíduos também pode considerar a dimensão intermunicipal e consorciada de gestão, buscando

através dela melhorias na oferta do serviço, abrangência e a redução de custos, tendo como base princípios técnicos, econômicos e ambientais.

Quanto à classificação, segundo as Resoluções RDC ANVISA nº 306/2004 e CONAMA 358/2005, os resíduos são classificados em cinco grupos, sendo eles: A, B, C, D, E.

- **Grupo A:** engloba os componentes com possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. Exemplos: placas e lâminas de laboratório, carcaças, peças anatômicas (membros), tecidos, bolsas transfusionais contendo sangue, dentre outras;
- **Grupo B:** contém substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Exemplos: medicamentos apreendidos, reagentes de laboratório, resíduos contendo metais pesados, dentre outros;
- **Grupo C:** quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, como, por exemplo, serviços de medicina nuclear e radioterapia;
- **Grupo D:** não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares. Exemplos: sobras de alimentos e do preparo de alimentos, resíduos das áreas administrativas;
- **Grupo E:** materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como lâminas de barbear, agulhas, ampolas de vidro, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, espátulas e outros similares (ANVISA, 2006).

A Lei n° 12.305/2010 – PNRS determina que os geradores dos resíduos dos serviços de saúde são os responsáveis pelo seu correto gerenciamento,

devendo desta forma, elaborar um Plano de Gerenciamento dos Resíduos dos Serviços de Saúde.

A Resolução da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – RDC ANVISA n° 306/2004, orienta os geradores quanto a elaboração do respectivo Plano. Exigindo que o Plano de Gerenciamento dos Resíduos dos Serviços de Saúde, incluam os critérios técnicos referentes as informações sobre as legislações pertinentes (Federal, Estadual e Municipal), geração, segregação, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final.

No que se refere ao Município de Paraibuna, de acordo com a etapa de diagnóstico técnico, a coleta e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos dos serviços de saúde no município é feita pela empresa Alcance Ambiental, onde a mesma realiza a coleta dos resíduos de serviço de saúde de origem humana e animal em pontos de coleta e horários conforme cronograma instituído. De maneira geral, as unidades geradoras possuem formas corretas de separação e acondicionamento dos resíduos em seus estabelecimentos.

Recomenda-se que a Prefeitura e a Vigilância Sanitária Municipal realizem uma fiscalização efetiva e contínua para verificar e assegurar o cumprimento das ações estabelecidas no Plano de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) na cidade. Essa fiscalização deve ser realizada de forma sistemática e envolver a aplicação de medidas punitivas aos estabelecimentos que não cumprem as normas estabelecidas.

Nesse sentido, é fundamental que a Prefeitura estabeleça um sistema de taxação para os estabelecimentos que geram resíduos de serviços de saúde, de forma a garantir que esses resíduos sejam tratados e destinados de forma adequada e segura. Essa taxação deve ser estabelecida levando em consideração a quantidade e a natureza dos resíduos gerados por cada estabelecimento.

A fiscalização e aplicação de taxas devem ser realizadas de acordo com a legislação vigente e com base em critérios objetivos, que permitam avaliar o desempenho dos estabelecimentos na gestão dos resíduos de serviço de saúde. É importante que a Prefeitura e a Vigilância Sanitária Municipal estejam devidamente capacitadas e equipadas para realizar essa fiscalização de forma efetiva, garantindo a proteção da saúde pública e do meio ambiente.

3.3.7. Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR e Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR

O Ministério do Meio Ambiente em 2019 publicou a Portaria nº 412, definindo o Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR. O SINIR é um instrumento previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, com A finalidade especifica de disponibilizar para a sociedade diagnósticos e dados sobre a gestão dos resíduos sólidos no Brasil.

O SINIR é todo informatizado com objetivo claro de centralizar no MMA os dados de todas as Prefeituras e Estados sobre o tema Resíduos Sólidos. A Portaria estabelece que, anualmente, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios ficam obrigados a atualizar o SINIR com dados relativos à gestão de resíduos sólidos em seus respectivos territórios.

O SINIR possibilita o monitoramento, a fiscalização, a avaliação da eficiência da gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos, inclusive dos sistemas de logística reversa, bem como avaliação dos resultados, impactos e acompanhamento das metas definidas nos planos de gerenciamento de resíduos sólidos.

É de suma importância que os municípios adotem o quanto antes o sistema de gestão de resíduos, inclusive com a logística reversa para que os números possam ser processados, e a falta deles não dificulte o recebimento de verbas públicas.

As Prefeituras devem aprimorar os respectivos sistemas de gestão de resíduos, pois a cobrança imposta aos Estados e Municípios resultará em uma imposição de obrigações para o Poder Público.

Em relação ao Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR, foi instituído através da Portaria MMA nº 280/2020, que passou a ser obrigatório em 1º de janeiro de 2022. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos, agora totalmente digital vai atuar diretamente:

- Permitindo a rastreabilidade dos resíduos em todo o território nacional;

- Auxiliando os geradores de resíduos, que passam a ter uma comprovação efetiva e completa da destinação final ambientalmente adequada dos seus resíduos.

Concretizando e consolidando informações mais precisas e detalhadas para o transportador e agilizando procedimentos de fiscalização permitindo assim, o atendimento mais eficaz em caso de acidentes. As atividades geradoras, transportadoras, armazenadoras temporárias e destinadoras de resíduos transportados deverão se cadastrar no MTR.

Sendo assim, abaixo seguem as definições de gerador, transportador, armazenador temporário e destinadoras de resíduos transportados e entre outros, segundo o Artigo 3° da Portaria n° 280/2020:

I - Armazenador temporário: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável pelo armazenamento temporário de resíduos sólidos do gerador, para fins de consolidação de cargas, sem que ocorra qualquer tipo de processamento dos resíduos, para posterior encaminhamento para a destinação final ambientalmente adequada definida pelo gerador nos MTRs correspondentes;

II - Certificado de Destinação Final de Resíduos - CDF: documento emitido pelo Destinador e de sua exclusiva responsabilidade que atesta a tecnologia aplicada ao tratamento e/ou destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos recebidos em suas respectivas quantidades, contidos em um ou mais MTRs;

III - Declaração de Movimentação de Resíduos - DMR: documento que registra as quantidades de resíduos sólidos geradas, transportadas e destinadas por geradores, transportadores e unidades de destinação;

IV - Destinador: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável pela destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos;

V - Gerador: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que gera resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo;

VI - Identificação de resíduos: identificação do tipo de resíduo, conforme Lista Brasileira de Resíduos Sólidos do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama - IN nº 13, de 18 de dezembro 2012, e sucedâneas;

VII - Logística Reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

VIII - Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR: documento numerado, gerado por meio do SINIR, emitido exclusivamente pelo Gerador, que deverá acompanhar o transporte do resíduo até a destinação final ambientalmente adequada;

IX - Manifesto de Transporte de Resíduos Complementar - MTR Complementar: MTR gerado pelo Armazenador Temporário, contendo o(s) número(s) do(s) MTR(s) que o compõe e que deve(m) estar a ele anexado(s) ou relacionados, além da indicação dos dados do veículo de transporte e do motorista. Deverá acompanhar o transporte da carga do armazenamento temporário até o local de destinação final;

X - Manifesto de Transporte de Resíduos Provisório - MTR Provisório: MTR de preenchimento manual dos dados, gerado previamente pelo sistema e utilizado somente na eventualidade de indisponibilidade temporária do MTR;

XI - Manifesto de Transporte de Resíduos - Importação - MTR Importação: emitido no caso de transporte de resíduos controlados, de acordo

com Resolução CONAMA nº 452, de 02 de julho de 2012 e suas alterações, que acompanha a carga do resíduo ao sair do local de desembarque;

XII - Manifesto de Transporte de Resíduos - Exportação - MTR Exportação: emitido para o transporte de resíduos que serão exportados para outros países, acompanhando a carga ao sair do local de geração até o ponto de embarque;

XIII - PEV, Ecoponto ou Ecocentro: ponto de entrega voluntária de resíduos sólidos, incluídos os pertencentes aos sistemas de logística reversa, podendo ser fixo ou itinerante;

XIV - Resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

XV - Resíduos de construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

XVI - Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos como resíduos de limpeza urbana, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil e resíduos de serviços de transportes;

XVII - Resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;

XVIII - Resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

XIX - Resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços relacionados ao atendimento à saúde humana ou animal, conforme definido em

regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente - Sisnama e do SNVS;

XX - Resíduos de serviços de transporte: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

XXI - Resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;

XXII - Resíduos equiparados: são os resíduos ou rejeitos que são caracterizados como não perigosos e que, em razão de sua natureza, composição ou volume, podem ser equiparados aos resíduos ou rejeitos domiciliares;

XXIII - Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados no conjunto de serviços de infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem, exceto os resíduos de limpeza urbana;

XXIV - Resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

XXV - Resíduos não perigosos: não enquadrados como perigosos;

XXVI - Resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

XXVII - Resíduos sólidos urbanos: os provenientes de atividades domésticas em residências urbanas (resíduos domiciliares) e os originários da

varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (resíduos de limpeza urbana);

XXVIII - Transportador: pessoa física ou jurídica que realiza o transporte de resíduos.

O acesso e o cadastramento de novos usuários, sendo os geradores, os transportadores, os destinadores e os armazenadores temporários deverão se cadastrar no Sistema MTR do SINIR, fornecendo as correspondentes informações fiscais e ambientais através do link http://mtr.sinir.gov.br.

Uma vez acessado o sistema o usuário vai se declarar como gerador ou transportador, a partir desta informação será inserido os dados das pessoas física ou jurídica, o tipo de resíduos gerado, o tipo de transporte utilizado para o resíduo, o local para onde os resíduos está sendo transportado e entre outros. Salienta-se, que a Prefeitura de Paraibuna não realiza este procedimento dentro da gestão de seus resíduos, pois, muito dos transportes de resíduos realizados dentro do município são de empresas terceirizadas.

Sendo assim, a Prefeitura municipal pode exigir das empresas terceirizadas que transportam resíduos dentro do município, este controle do Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR, além do Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR. Garantindo desta forma, que a responsabilidade sobre estes transportes são seja transferida para o município.

3.3.8. Regras Para o Transporte de Resíduos Sólidos

As regras sobre o transporte de resíduos sólidos serão aqui discutidas e apresentadas através dos procedimentos contidos nas seguintes Normas e Resolução:

- ABNT - NBR 7500: Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais;
- ABNT – NBR 7501: Transporte Terrestre de Produtos Perigosos – Terminologia;

- ABNT – NBR 7503: Transporte Terrestre de Produtos Perigosos – Ficha de Emergência – Requisitos Mínimos;
- ABNT – NBR 12810: Coleta de Resíduos de Serviços de Saúde;
- ABNT – NBR 13221: Transporte Terrestre de Resíduo;
- ABNT – NBR 14064: Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos – Diretrizes do Atendimento à Emergência;
- ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Resolução n° 5.232/2016 – Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento Terrestre do Transporte de Produtos Perigosos, e dá outras providências.

Os procedimentos para o transporte de resíduos sólidos no Brasil são determinados por um complexo e amplo sistema de Normas e Resoluções. Isto provoca nos gestores municipais muitas incertezas em relação aos métodos mais seguros de movimentação e carregamento de resíduos, sendo estes, perigosos ou não.

Desta forma, o entendimento das regulamentações sobre o transporte de resíduos é muito importante para livrar-se de problemas como acidentes e infrações. Acidentes envolvendo resíduos perigosos podem causar sérios problemas ao ambiente e a população. As regulamentações apresentam-se como uma maneira de realizar o transporte de resíduo de forma segura e eficaz.

Sendo assim, para os resíduos do Sistema de Limpeza Urbana o transporte é de responsabilidade da Prefeitura, podendo a mesma, utilizar veículos próprios ou terceirizados. A Prefeitura deve utilizar veículos compactadores e atentar-se para as questões de manutenção básica do veículo, como, pneus, carroceria, freios, sinalizações, segurança e treinamento do condutor e dos trabalhadores que compõe a equipe de coleta e entre outros.

O mesmo procedimento aplica-se a coleta de resíduos recicláveis, porém, estes resíduos são direcionados até o galpão da organização de catadores. Ressalta-se, que para os veículos da coleta seletiva pode-se utilizar caminhões do tipo baú, gaiola, carrocerias ou até mesmo caminhões *Roll On Roll Off* (com carroceria basculante).

Enquanto que, os resíduos gerados pelos estabelecimentos de saúde – RSS, devem ser transportados por empresa especializada. O gerenciamento do RSS de estabelecimentos de saúde pública é dever da Prefeitura, onde, a Secretaria responsável é obrigada a acompanhar todo o processo de destinação final do RSS, através de Certificados de Destinação Correta até a realização de auditorias.

O transporte de resíduos de construção civil – RCC, é de responsabilidade do gerador, sendo ele, o encarregado em acionar uma empresa coletora. Geralmente as empresas coletoras de RCC são conhecidas como empresas de caçamba.

Os resíduos sólidos grosseiros e areia gerados em estações de tratamento de água e esgoto (lodo de ETE), devem ser encaminhados à aterro sanitário em veículo apropriado. A torta, lodo digerido e desidratado, gerada nas estações de tratamento encaminha-se à reflorestamento ou jardinagem ambos sob responsabilidade do gerador. Porém, para tal procedimento é necessário atentar- se para as Resoluções CONAMA n° 375 e n° 498, determinando análises laboratoriais para este tipo de destinação. Sendo assim, a figura abaixo mostra um veículo apropriado para o transporte destes resíduos.

Figura 116 - Veículo utilizado para o transporte de lodo de ETA / ETE.
Fonte: Imagem de Divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A etapa de transporte dos resíduos sólidos deve ser pautada por procedimentos descritos em normativas específicas. Tais normativas levam em conta as características físicas e químicas do resíduo, bem como sua

periculosidade. A regulamentação nacional para o transporte de produtos perigosos, segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres, ANTT, é a que segue:

- Resolução ANTT nº 5.232/16 - Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento Terrestre do Transporte de Produtos Perigosos, e dá outras providências;
- Resolução ANTT nº 5.848/19 - Atualiza o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos, revogando, a partir de 23 de dezembro de2019, a Resolução ANTT nº 3.665/11.

Já para o transporte de produtos perigosos pelo Mercosul, a regulamentação é ordenada pelas seguintes normas:

- Decreto nº 1797/1996 - Dispõe sobre a execução do Acordo de Alcance Parcial para a Facilitação do Transporte de Produtos Perigosos, entre Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, de 30 de dezembro de 1994;
- Decreto nº 2.866/1998 - 1º Protocolo Adicional do Acordo de Alcance Parcial para a Facilitação do Transporte de Produtos Perigosos, entre Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai - Regime de Infrações e Sanções.

3.3.9. Definição das Responsabilidades Quanto à Sua Implementação e Operacionalização

O Art. 3º da PNRS define o termo responsabilidade compartilhada como:

> *XVII – Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei;*

A Política Nacional de Resíduos Sólidos institui, em seu art. 30, transcrito abaixo, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos em território nacional. Desse modo, agrega responsabilidades para os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e poder público, durante as diferentes fases da vida dos produtos.

> *Art. 30. É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos nesta Seção.*

A PNRS, ao instituir essa modalidade de responsabilidade, tem como principal objetivo contribuir com seu próprio princípio de diminuição da geração de resíduos na fonte, pois faz com que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes invistam no desenvolvimento, fabricação e comercialização de produtos no mercado que sejam aptos, no seu pós-uso, à reutilização, reciclagem ou outra forma de destinação final adequada, garantindo que a fabricação e uso desses produtos gerem a menor quantidade de resíduos sólidos possível.

A tabela abaixo mostra a responsabilidade dos gestores públicos e privados para cada tipologia de resíduos, de acordo com a PNRS.

Tabela 84 - Responsabilidades dos gestores públicos e privados quanto ao manejo das diferentes tipologias de resíduos.

Gestor Público	Gestor Privado/Gerador
• Serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos domiciliares e comerciais; • Resíduos gerados em estabelecimentos públicos (saúde, construção civil, especiais, volumosos, agrícolas, etc.); • Manejo e destinação de resíduos produzidos por serviços de dragagem de canais, arroios e outros elementos de drenagem urbana; • Manejo e destinação dos resíduos produzidos na execução de serviços de remoção de resíduos de gradeamento e remoção de areia em redes de efluentes domésticos e água; • Resíduos da construção civil e demolição produzidos por pequenos volumes, através dos pontos de entrega voluntária ou outras formas de destinação (Prefeitura Municipal).	• Comerciais ou de prestação de serviço perigosos ou que, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos sólidos domiciliares; • Serviço de Saúde e Hospitalar (Particulares); • Portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários; • Industrial; • Agrícola; • Resíduos da Construção Civil e Demolição (exceto pequenos geradores); • Resíduos Especiais; • Resíduos Volumosos; • Resíduos de Saneamento; • Resíduos de Mineração.

Fonte: BRASIL,2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Resíduos Sólidos Domiciliares

A organização e a prestação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos domiciliares é do Poder Público Municipal e pode ser realizada direta ou indiretamente, por meio da delegação dos serviços.

Cabe aos domicílios e estabelecimentos servidos pela coleta convencional de resíduos, a obrigação de acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados, bem como disponibilizar de forma apropriada os resíduos sólidos reutilizáveis ou recicláveis para coleta ou devolução, de acordo com o preconizado na PNRS.

Cabe ainda, ao Poder Público fornecer ao órgão federal responsável pela coordenação do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos

Sólidos (SINIR) todas as informações necessárias sobre os resíduos sob sua esfera de competência, bem como realizar a identificação e o cadastramento dos grandes geradores de resíduos sólidos, contendo informações sobre a localização, tipologia, produção média, existência de PGRS, entre outras, as quais possibilitarão o estudo das demandas pelos serviços de gerenciamento dos resíduos sólidos por ente responsável, facilitando a delimitação de responsabilidades e conferindo maior precisão aos orçamentos/gastos públicos relacionados.

Em Paraibuna o Departamento Municipal de Serviços Municipais coordena os serviços de Resíduos Sólidos que é responsável pela fiscalização dos PGRS das empresas. Os grandes geradores de resíduos sólidos serão responsáveis pelas seguintes ações:

- Elaboração do PGRS, obedecendo a critérios técnicos, legislação ambiental, normas de coleta e transporte dos serviços locais de limpeza urbana e atendimento à PNRS;
- Implementação e operacionalização integral do PGRS aprovado pelo órgão ambiental competente;
- Designação de responsável técnico devidamente habilitado para a elaboração, implementação, operacionalização e monitoramento de todas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos, incluindo o controle da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos e dos danos que vierem a ser provocados pelo gerenciamento inadequado dos respectivos resíduos ou rejeitos;
- O manejo de resíduos gerados em seus estabelecimentos, incluindo a coleta, transporte, destinação final e disposição final ambientalmente adequada, direta ou indiretamente através de contratação de serviços;
- Manter atualizadas e disponibilizar aos órgãos competentes as informações sobre a implementação e operacionalização do PGRS.

Resíduos dos Serviços de Saúde – RSS

O Poder Público de Paraibuna será responsável diretamente ou através de delegação dos serviços pela coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sépticos gerados por estabelecimentos públicos de serviços de saúde.

As leis de maior esfera, estaduais e federais atribui tais responsabilidades aos geradores privados e que caso o Poder Público realize qualquer etapa do manejo de responsabilidade dos geradores sujeitos à elaboração do PGRSS, os serviços deverão ser devidamente remunerados pelas pessoas físicas ou jurídicas responsáveis.

Segundo o princípio da responsabilidade compartilhada, os pacientes que fizerem uso de materiais como agulhas, lancetas (perfurador da pele) e seringas devem ser orientados a encaminhar esses materiais, corretamente acondicionados, para a unidade de saúde mais próxima, não devendo ser descartados junto aos resíduos sólidos. Uma vez recebidos em uma unidade pública de saúde, a destinação desses resíduos será de responsabilidade do Poder Público. Os geradores privados de RSS devem ser responsáveis pelas seguintes ações:

- Encaminhar inventário semestral para o órgão ambiental municipal com o tipo e quantidade de resíduo;
- Elaboração do PGRSS, obedecendo a critérios técnicos, legislação ambiental, normas de coleta e transporte e outras orientações contidas na RDC ANVISA n° 306/2004 e na Resolução CONAMA nº 358/2005;
- Designação de profissional, com registro ativo junto ao seu Conselho de Classe, com apresentação de Anotação de Responsabilidade Técnica - ART, Certificado de Responsabilidade Técnica ou documento similar, quando couber, para exercer a função de responsável pela elaboração, implantação e operacionalização do PGRSS;

- Manter registro de operação de venda ou de doação dos resíduos gerados destinados à reciclagem ou à compostagem;
- Fazer constar nos termos de contratação sobre os serviços referentes ao manejo de RSS, as exigências de comprovação de capacitação e treinamento dos funcionários das prestadoras de serviço de limpeza e conservação que pretendam atuar nos estabelecimentos de saúde, bem como no transporte, tratamento e disposição final destes resíduos;
- Requerer às empresas prestadoras de serviços terceirizados a apresentação de licença ambiental para o tratamento ou disposição final dos resíduos de serviços de saúde, e documento de cadastro emitido pelo órgão responsável para a coleta e o transporte dos resíduos;
- Prover a capacitação e o treinamento inicial e de forma continuada para os envolvidos no gerenciamento de resíduos;
- Requerer o preenchimento do Controle de Transporte de Resíduos e do MTR para todas as etapas externas que envolvam o transporte de resíduos, estando eles ainda sem tratamento ou já tratados.

Resíduos da Logística Reversa

Classificam-se como resíduos sólidos com logística reversa obrigatória todos os resíduos que necessitam de tratamento especial como, por exemplo, as pilhas e baterias, equipamentos eletrônicos, lâmpadas fluorescentes, pneus, óleos e graxas e embalagens de agrotóxico.

O Artigo 33 da Lei Federal n° 12.305/2010, determina que após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, competem aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes estruturar e programar a logística reversa.

De acordo com as informações levantadas no diagnóstico, no município há algumas práticas que fomentem a realização da logística reversa envolvendo políticas legislativas entre setor industrial, comercial e o consumidor.

Em geral, os municípios brasileiros não possuem um programa para recolhimento das embalagens de agrotóxicos nem outros pontos de recebimento além dos próprios revendedores.

No caso dos resíduos eletrônicos, estes, são definidos como partes de equipamentos eletrônicos e seus componentes. O descarte inadequado destes produtos coloca em risco a qualidade das águas, do solo e do ar que, em consequência, podem afetar a saúde humana.

A coleta dos resíduos eletrônicos, pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes devem ser realizadas no município com campanhas durante o ano para o recolhimento dos mesmos. Desta forma, com a implantação da PNRS a preocupação entre o setor empresarial e os agentes públicos tornou-se inevitável pela busca de diretrizes técnicas e econômicas para definir a melhor forma de gerir os resíduos desta classificação.

De acordo com a PNRS toda a cadeia, fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, passam a ter obrigação de criar e manter um sistema de retorno desses produtos pós-consumo, incluindo comunicação com a sociedade, coleta armazenamento, transporte e destinação final ambientalmente adequada, independente do sistema público de coleta de resíduos (ou se este for usado, sendo remunerado para tal).

Deverá haver também dentro dos programas a continuação da conscientização da população, como, as instruções sobre o não descarte de resíduos perigosos em PEVS. Contudo, é também responsabilidade da Prefeitura Municipal um acompanhamento, quando não, um total engajamento sobre o que realmente ocorre com os resíduos da logística reversa dentro do município. Fiscalizar e punir caso as lâmpadas queimadas e pneus inservíveis estejam sendo direcionados para o aterro municipal de RCC ou outro local inadequado.

Adotar políticas e normas de classificação para pequenos, médios e grandes gerados, além de geradores de resíduos perigosos e exigir, que os médios e grandes geradores, sejam responsáveis pela destinação correta de seus resíduos pertencentes a logística reversa.

Para o pequeno gerador, a Prefeitura terá que buscar parcerias para o descarte correto das lâmpadas queimadas. Pois, para a maioria dos casos,

quando há ações para este tipo de descarte é cobrado um valor pelo recolhimento por empresas especializadas. No caso dos pneus inservíveis, resíduos eletrônicos e embalagens de óleo lubrificante veicular, há empresas no Brasil que realizam o descarte correto destes tipos de resíduos sem custo para a Administração Pública. Apenas sendo necessário que a Administração Pública faça o recolhimento de uma certa quantidade, armazene-os em local apropriado e comunique a empresa para realizar a coleta.

Programa de Especialização e Operacionalização

Objetivo

O Programa de Especialização e Operacionalização - PEO do PMSB, tem como objetivo principal especializar os diferentes atores envolvidos com o gerenciamento dos resíduos sólidos sob tutela pública, cada qual em sua função e responsabilidade, bem como capacitar o corpo operacional envolvido diretamente no manejo dos resíduos sólidos, deixando a execução dos serviços mais segura e eficiente.

Tem como objetivos específicos:

- Elaborar e aplicar cursos de especialização para os gestores, encarregados e supervisores, cada qual com sua especificidade, de todos os serviços de manejo dos resíduos sólidos sob tutela pública;
- Elaborar e aplicar treinamentos específicos para o corpo operacional (garis, motoristas, bueiristas, podadores, varredores, etc) diretamente envolvido no manejo dos resíduos sólidos, tanto quanto à realização da função como a segurança no trabalho realizado.

Conteúdo Mínimo

Os cursos de especialização devem abranger os diferentes serviços da gestão e manejo dos resíduos sólidos sob responsabilidade pública. São exemplos de temas para especialização:

- O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos;
- Planejamento dos serviços de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana;
- Identificação dos resíduos sólidos e dos geradores sujeitos à plano de gerenciamento específico;
- Identificação dos resíduos sólidos sujeitos ao sistema de logística reversa;
- Procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;
- Responsabilidades quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos a cargo do poder público;
- Controle e a fiscalização dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos especiais e dos sistemas de logística reversa;
- Condições de sustentabilidade e equilíbrio econômico-financeiro da prestação dos serviços em regime de eficiência;
- Planejamento das ações;
- Ações para emergências e contingências;
- Mecanismos e procedimentos para a avaliação da eficiência e eficácia das ações programadas.

Ainda, podem ser desenvolvidos cursos de especialização em diferentes tipologias de resíduos, temos como exemplo:

- Resíduos da construção civil;
- Resíduos de saneamento;
- Resíduos agrossilvopastoris;
- Resíduos com logística reversa obrigatória;

- Resíduos de serviço de saúde;
- Disposição final;
- Coleta convencional de RDO;
- Coleta seletiva;
- Gestão dos resíduos orgânicos.

Já para os treinamentos direcionados ao corpo operacional envolvido diretamente com o manejo dos resíduos sólidos e limpeza pública, temos como exemplos:

- Limpeza pública;
- Varrição e manutenção de vias e logradouros;
- Roçada, capina e poda;
- Limpeza de valas, córregos e rios;
- Uso de EPIs;
- Bebida alcoólica e consumo de drogas;
- Conceitos básicos sobre resíduos;
- Vacina e salubridade no trabalho

3.3.10. Educação Ambiental

Diferentemente dos outros eixos do saneamento, em que bons projetos executados da maneira correta por si só tendem a produzir bons resultados, a gestão dos resíduos sólidos urbanos depende intrinsicamente da participação da população para ter sucesso.

Para tanto, faz-se necessária a sensibilização dos geradores das diferentes tipologias de resíduos dentro do território municipal para seu papel na cadeia de gerenciamento dos mesmos e os impactos de suas ações e escolhas para o meio ambiente, o saneamento e a sociedade.

A Educação Ambiental para os Resíduos Sólidos deve sempre ter como objetivo a fixação, conceituação e sensibilização para a hierarquia preconizada pela PNRS, Lei n° 12.305/2010: não geração, redução, reutilização, reciclagem

e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Conforme o Art. 5º da Lei n°12.305/10, a Política Nacional de Resíduos Sólidos integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, PNEA, regulada pela Lei nº 9.795/99.

A educação ambiental é um dos principais instrumentos da PNRS, devendo ser amplamente difundida no município através de programas e ações que promovam a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem de resíduos sólidos e sua correta destinação. A Política Nacional de Educação Ambiental supracitada, traz em seu Art. 4º os princípios básicos da educação ambiental no país:

> *"I - o enfoque humanista, holístico, democrático e participativo;*
> *II - a concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade;*
> *III - o pluralismo de ideias e concepções pedagógicas, na perspectiva da inter, multi e transdisciplinaridade;*
> *IV - a vinculação entre a ética, a educação, o trabalho e as práticas sociais;*
> *V - a garantia de continuidade e permanência do processo educativo;*
> *VI - a permanente avaliação crítica do processo educativo;*
> *VII - a abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais;"*

E traça seus objetivos fundamentais no Art. 5º:

> *I - o desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos;*
> *II - a garantia de democratização das informações ambientais;*
> *III - o estímulo e o fortalecimento de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social;*
> *IV - o incentivo à participação individual e coletiva, permanente e responsável, na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício da cidadania;*
> *V - o estímulo à cooperação entre as diversas regiões do País, em níveis micro e macrorregionais, com vistas à construção de uma sociedade ambientalmente equilibrada, fundada nos princípios da liberdade, igualdade, solidariedade, democracia, justiça social, responsabilidade e sustentabilidade;*
> *VI - o fomento e o fortalecimento da integração com a ciência e a tecnologia;*
> *VII - o fortalecimento da cidadania, autodeterminação dos povos e solidariedade como fundamentos para o futuro da humanidade*

Espaços Formais de Ensino

Entende-se por educação ambiental no ensino formal aquela desenvolvida no âmbito dos currículos das instituições de ensino públicas e privadas. A educação ambiental deve ser desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal.

A PNEA deixa explícito em sua redação que a Educação Ambiental não deve ser oferecida como uma disciplina isolada na grade curricular, mas sim permear todas as outras disciplinas, fazendo-se da visão holística do funcionamento do meio ambiente.

Para a implementação da educação ambiental aos moldes da Política Nacional, faz-se necessária a capacitação dos servidores e colaboradores dos estabelecimentos formais de ensino, de forma a estarem aptos a inserir a dimensão ambiental em seu cotidiano didático.

Mesmo a temática ambiental sendo obrigatória em todas as disciplinas dos cursos de formação de educadores, recomenda-se que cursos de equalização e atualização dos conhecimentos, como os propostos acima, sejam elaborados e realizados para os professores da rede pública.

Os programas, projetos e ações para os espaços de ensino formais, além de serem preconizados na PNEA, devem estar alinhados com as instituições de ensino e serem construídos de forma participativa junto a seus gestores e docentes.

Contudo, como já é exigida a componente ambiental no ensino formal, dentro da forma da lei, a municipalidade deve se ater à fiscalização de sua aplicação, bem como no fomento indireto por meio de avaliações da componente, concursos e mostras culturais nas escolas.

Espaços Não Formais de Ensino

Entendem-se por educação ambiental não-formal as ações e práticas educativas voltadas à sensibilização e conscientização da coletividade sobre as questões ambientais e à sua organização e participação na defesa da qualidade

do meio ambiente, fora dos espaços formais de ensino supracitados. Segundo a PNEA, o Poder Público, em níveis federal, estadual e municipal, deve incentivar:

> *I - a difusão, por intermédio dos meios de comunicação de massa, em espaços nobres, de programas e campanhas educativas, e de informações acerca de temas relacionados ao meio ambiente;*
>
> *II - a ampla participação da escola, da universidade e de organizações não-governamentais na formulação e execução de programas e atividades vinculadas à educação ambiental não-formal;*
>
> *III - a participação de empresas públicas e privadas no desenvolvimento de programas de educação ambiental em parceria com a escola, a universidade e as organizações não-governamentais;*
>
> *IV - a sensibilização da sociedade para a importância das unidades de conservação;*
>
> *V - a sensibilização ambiental das populações tradicionais ligadas às unidades de conservação;*
>
> *VI - a sensibilização ambiental dos agricultores;*
>
> *VII - o ecoturismo.*

Faz-se necessária a criação de uma Política Municipal de Educação Ambiental, de forma a regrar e incentivar as ações de educação ambiental na cidade, em conformidade com as políticas federal e estadual sobre essa temática.

Além disso, deve-se aproveitar os espaços culturais da cidade, bem como os naturais, para iniciativas que aumentem o senso de pertencimento e corresponsabilidade da população sobre a natureza e o meio em que vivem. De maneira geral, a educação ambiental não-formal deve ser construída de forma participativa e horizontal, com a devida atenção para os anseios e necessidades das populações alvo das ações.

Este plano detalha diversos projetos de educação ambiental a serem desenvolvidos no âmbito não-formal de ensino, um para cada tipologia e/ou de resíduo e fase de manejo, de forma a propiciar à população conceitos e informações sobre a gestão dos resíduos sólidos e sua importância para a manutenção da sociedade, dos ecossistemas e dos serviços ambientais que desempenham.

As demais componentes da educação ambiental não-formal, ou seja, aquelas que não envolvem os resíduos sólidos, devem ser implementadas pelo setor responsável pela educação no município, não sendo objeto desse Plano.

3.3.11. Programas e Ações para a Participação dos Grupos Interessados, em Especial das Cooperativas ou Outras Formas de Associação de Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis

Há anos, a reciclagem é sustentada no Brasil, assim como em outros países em desenvolvimento, pela catação informal de papéis e outros materiais achados nas ruas e nos lixões. Estima-se hoje no Brasil a atuação de cerca de 800 mil catadores responsáveis pela coleta de vários tipos de materiais (CEMPRE, 2018).

Ao contrário do que se imagina, os catadores têm remuneração acima da média brasileira e não são mendigos. Estudos em várias cidades do Brasil já comprovam que a renda de catadores de rua, na maioria dos casos, supera o salário mínimo. Muitos destes trabalhadores já tiveram outras funções em empresas, mas, por algum motivo, ficaram desempregados e aderiram à função de catador (CEMPRE, 2018).

Desta forma, no município de Paraibuna não há a presença de associações ou cooperativas de reciclagem, conforme levantado em diagnóstico, tem-se somente o trabalho de catadores informais que realizam a coleta de recicláveis em contato com os próprios moradores.

O benefício que os catadores de rua trazem para a limpeza urbana é grande, mas geralmente passa despercebido. Eles coletam recicláveis antes do caminhão da coleta convencional ou seletiva passar e portanto, reduzem os gastos com a limpeza pública. Os materiais que são encaminhados para a indústria geram empregos e poupam recursos naturais.

A administração pública, em conjunto com uma entidade de assistência às populações carentes, pode incentivar a formação de associações de catadores, formalizando uma atividade de longa data marginal, auxiliando com a dotação de uma infraestrutura mínima e ajudando a resgatar a cidadania desse segmento excluído.

A organização desses trabalhadores pode ajudar a racionalizar a coleta seletiva e triagem, reduzindo custos e aumentando o fluxo de materiais recicláveis.

A criação de cooperativas de catadores tem por objetivo ajudar os catadores na sua formação e consequentemente, aumentar os seus ganhos e se integrarem à sociedade. A atuação da Prefeitura Municipal como agente incentivador reforça sua posição enquanto gerente do desenvolvimento municipal. Poderá otimizar seu efetivo de mão-de-obra e equipamento, optando pela terceirização e cogestão dos serviços públicos, tornando a administração mais ágil e eficiente. No incentivo às atividades de reciclagem de resíduos sólidos, a Prefeitura Municipal poderá atuar nas seguintes linhas:

- cadastramento de sucateiros e ferros-velhos;
- desenvolvimento de programas específicos afim de disciplinar a ação dos catadores de rua;
- permissão de uso de terrenos públicos municipais ociosos, como áreas para a triagem de materiais recicláveis, coletados por iniciativa de grupos organizados da sociedade;
- organização de campanhas de doação de roupas e objetos a serem reutilizados por pessoas necessitadas;
- criação de espaços (galpões) propícios à troca de objetos e móveis que as pessoas não queiram mais. Os interessados poderão deixar as peças em consignação, ficando a Prefeitura somente com a incumbência da administração do “mercado” ou terceirização dessa atividade.

Como agentes implementadores de medidas diretas e concretas para o desenvolvimento da reciclagem de lixo, a Prefeitura poderá atuar nas seguintes linhas:

- implementação de coleta seletiva;
- construção e gerenciamento de usinas de triagem e compostagem;
- treinamento e capacitação dos funcionários municipais envolvidos com os serviços de limpeza urbana e coleta seletiva;
- instituição de uma coordenação municipal de reciclagem;
- instituição de consórcios intermunicipais.

Já como agentes consumidores a Prefeitura Municipal poderá usar em sua rotina materiais reciclados, tais como:

- papel reciclado, para ser usado nas repartições públicas, na forma de blocos, cadernos em escolas-guias, etc.;
- entulho de obras, servindo de agregado na confecção de peças de mobiliário urbano e habitação;
- lixo orgânico transformado em adubo orgânico pelo processo da compostagem, para adubar praças, hortas comunitárias e áreas verdes;
- filme plástico reciclado (saco para lixo, em geral, preto), para ser usado no próprio setor de limpeza urbana (varrição de logradouros);
- escória de alto-forno de siderurgia, para ser usada na confecção de subleito na pavimentação de vias. Solução vantajosa aos municípios que tenham indústria siderúrgica instalada nele ou em sua proximidade;
- borracha de pneus velhos, para asfaltar estradas e contenção de encostas, entre outras.

3.3.12. Mecanismos para a Criação de Fontes de Negócios, Emprego e Renda, Mediante a Valorização dos Resíduos Sólidos

A finalidade de indicar métodos para alcançar uma boa capacidade institucional e operacional do município, no que tange a gestão das diversas tipologias de resíduos sólidos, é garantir a resiliência e o desenvolvimento sustentável do meio ambiente.

Visando prover mecanismos para a criação de fontes de negócio, emprego e renda, mediante a valorização dos resíduos sólidos, é necessário que o município adote um modelo tecnológico de gestão que seja incentivado pelo MMA, que ajude na diminuição da geração e no manejo diferenciado dos resíduos sólidos.

Por meio da triagem e da recuperação dos resíduos os mesmos são vistos como um bem econômico e capaz de gerar valor social, ocorrendo assim a disposição final exclusivamente dos rejeitos.

Os mecanismos mais utilizados são a isenção ou amortecimento de taxas e impostos ou a cessão de áreas públicas para o desenvolvimento de negócios e empreendimento relacionados com os resíduos. Essas políticas devem ser elaboradas e implementadas de forma a incentivar a abertura e operação de novos negócios, principalmente levando em conta o desenvolvimento observado na região do Vale do Paraíba.

Existem muitas oportunidades para a exploração de resíduos e um exemplo claro é o aproveitamento dos refugos industriais de certa atividade como insumos ou matéria prima para outra, situação que deve ser melhor investigada e detalhada em estudos futuros de viabilidade econômica.

Outras medidas que tem como objetivo o incremento da atividade econômica relacionada aos resíduos e a reciclagem são redução de impostos para a implantação de indústrias recicladoras não-poluentes no município e o apoio à organização de uma bolsa de resíduos.

Embora a destinação de resíduos industriais não seja competência direta da administração pública local, é mais uma maneira de incentivar o setor privado a participar de programas de coleta seletiva e reciclagem e também reduzir o volume final de lixo disposto no município.

As bolsas de resíduos funcionam como canais diretos entre uma fonte geradora que deseja se desfazer de seus resíduos e uma empresa ou indústria para a qual aquele resíduo venha a se tornar matéria-prima. Existem diversas bolsas de resíduos em território nacional, como mostram os exemplos abaixo, o que não exclui a possibilidade de Paraibuna e os municípios circunvizinhos criarem uma bolsa própria. A lista abaixo traz alguns exemplos de bolsas de resíduos:

- **Bolsa de resíduos do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro**

- **Tresi Ambiental - Bolsa de Resíduos:** A TRESI AMBIENTAL é uma empresa de assessoria técnica às indústrias na área de meio ambiente.

- **Bolsa de Recicláveis de São Paulo**

- **Bolsa de Resíduos de Goiás:** a Bolsa de Resíduos é um ambiente virtual gratuito, composta de um banco de dados com informações sobre oferta e demandas de resíduos, com a intenção de promover a livre negociação entre as indústrias, conciliando ganhos econômicos com ganhos ambientais.

- **B2Blue.com**: Valorizando o seu resíduo: A B2Blue.com é uma iniciativa inovadora da *Maynis Company*, empresa que visa o desenvolvimento de negócios e projetos que ofereçam as ferramentas necessárias para a orientação das organizações em direção às práticas ambientalmente adequadas.

- **Bolsa de Resíduos Industriais gerida pela AEP-Associação Empresarial de Portugal:** A Bolsa de Resíduos permite procurar compradores e vendedores de resíduos e subprodutos dos diferentes tipos conforme uma classificação de materiais simplificada.

- **Bolsa de Resíduos da FIESP - Federação das Indústrias de São Paulo**

- **Bolsa de Resíduos:** Como "na natureza nada se cria, tudo se transforma", esta página tem como objetivo ser a interface entre empresas que disponibilizam seus resíduos e as que procuram matérias-primas para seus processos.
- **SIBR - Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos:** Converter resíduos em matérias-primas pode gerar inúmeras oportunidades

de negócios e empregos para a indústria. Este é o foco do Sistema Integrado de Bolsas de Resíduos que reúne serviços desenvolvidos em seis estados, para que indústrias possam oferecer.

- **Bolsa de Resíduos e Subprodutos da FIEB:** Esta é a Bolsa de Resíduos. Uma iniciativa da FIEB - Federação das Indústrias do Estado da Bahia através da Área de Meio Ambiente (AMA) do SENAI - Unidade CETIND.

- **Bolsa de Resíduos do Amazonas:** Federação das Indústrias do Estado do Amazonas - FIEAM Bolsa de resíduos do Estado do Amazonas.

- **Bolsa de Reciclagem-Sistema FIEP-Federação da Indústrias do Estado do Paraná:** na Bolsa de Reciclagem Sistema FIEP você encontra oportunidades de reaproveitar e destinar adequadamente os resíduos da sua empresa, encontrar matéria-prima alternativa para o processo produtivo.

- **Setor Reciclagem:** o portal Setor Reciclagem é um veículo de comunicação especializado em reciclagem para empresários, empreendedores e pesquisadores do ramo.

- **Bolsa de Resíduos & Negócios do Estado do Ceará:** o programa se caracteriza por ser um serviço de informações que objetiva identificar mercados potenciais para os resíduos sólidos gerados nas operações industriais.

- **Bolsa de Resíduos do Sindicato dos Profissionais da Química do Estado de São Paulo**: um mecanismo facilitador para converter resíduos em matérias-primas. Oportunidades de negócios, empregos e serviços

3.3.13. Sistema de Cálculo dos Custos da Prestação dos Serviços Públicos de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos, bem como a Forma de Cobrança desses Serviços

A gestão dos resíduos sólidos de Paraibuna, seguindo a tendência de a maioria dos outros municípios brasileiros, ocorre de forma deficitária. Conforme apresentado no PMGIRS elaborado no ano de 2022, o município apresenta gestão financeira insuficiente para cobrir todos os gastos envolvidos na gestão dos resíduos sólidos, apresentando um déficit fiscal de 78,6%.

Considerando os investimentos previstos para o sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, a gestão municipal deverá prever uma readequação da taxa para todo o sistema. Considerando o valor apresentado no parágrafo anterior, a taxa de coleta de resíduos deverá apresentar um aumento para tornar-se sustentável economicamente. A busca pela sustentabilidade financeira dos serviços é uma exigência da própria Política Nacional do Saneamento Básico e deve ser atendida.

Quanto aos investimentos previstos, deve-se ressaltar que Paraibuna não possui capacidade financeira para atender as suas necessidades de gestão de resíduos através de recursos próprios. Contudo, a expectativa municipal é pautada pela busca de recursos estaduais, federais e, principalmente, por repassar a concessão dos serviços para empresa terceirizada.

Desta forma, será apresentado nos próximos parágrafos os procedimentos técnicos e legais referentes as diversas formas para que o município encontre a melhor maneira de implementação de cobrança para o Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos.

Desta forma, a cobrança pelos serviços públicos relacionados ao Sistema de Limpeza Urbana e de Manejo de Resíduos Sólidos nem sempre é realizada de forma explícita e direta ao contribuinte, sendo custeada pelo tesouro municipal, cujos recursos provêm dos impostos, tarifas e taxas ordinariamente cobrados, como: o IPTU, o ISS e ainda do Fundo de Participação dos Municípios.

Segundo o Sistema Tributário Nacional, Lei nº 5.172/66 a taxa é um tributo, sendo que tributo é toda prestação pecuniária compulsória instituída em lei e cobrada mediante atividade administrativa plenamente vinculada. O Art. 77

da Lei nº 5.172/66 especifica que as taxas cobradas pelos diferentes entes da federação têm como fato gerador:

> *"à utilização, efetiva ou potencial, de serviço público específico e divisível, prestado ao contribuinte ou posto à sua disposição".*

O serviço deve ser quantificável e compete a pessoas de direito público a criação de taxas, não tendo o objetivo de obtenção de lucro. A Constituição Federal, em seu Art. 175, estabelece que a tarifa é cobrada nos casos de delegação de serviços públicos. Nesta, existe a possibilidade de não adesão por parte do munícipe ao serviço, diferentemente da taxa, ou seja, a cobrança é facultativa. As tarifas admitem a presença do lucro.

O Supremo Tribunal Federal decidiu em 2012 que é legítima a cobrança através de taxa para cobrir custos de coleta de resíduos sólidos, declarando a mesma constitucional, através da qual o serviço pode ser cobrado na forma de taxa para a coleta domiciliar ou específica, mas não pode ser cobrado pela limpeza das ruas, pois faz parte do uso comum sem diferenciação do usuário.

A corte afirmou que a limpeza pública é serviço de caráter universal e indivisível, ao contrário da coleta domiciliar de lixo, este sim, serviço individualizável e, portanto, passível de custeio mediante taxa. Portanto, o serviço de limpeza urbana não pode ser cobrado através de taxa, por não poder ser individualizável. Já para a coleta, remoção, tratamento ou destinação de lixo ou resíduos provenientes de imóveis, a cobrança através de taxa é constitucional.

Considerando o exposto, propõe-se que a cobrança pelo serviço de coleta, remoção e tratamento ou destinação de lixo ou resíduos provenientes de imóveis, seja realizado através de taxa vinculada ao carnê anual de IPTU do município. Sendo pago um valor fixo para a maioria dos domicílios, com exceção daqueles em que as famílias se enquadrarem em critérios de baixa renda pelo Departamento de Assistência Social, aos quais deverá ser cobrado um valor inferior subsidiado pelos demais munícipes.

Ademais, segundo a Lei nº 14.026/2020, são condições de validade dos contratos que tenham por objeto a prestação de serviços públicos de

saneamento básico, entre outras, a existência de normas reguladoras prevendo meios para o cumprimento das diretrizes da Lei, incluindo a designação das entidades responsáveis pela regulação e fiscalização. Para os serviços prestados mediante contratos de concessão ou de programa, as referidas normas deverão prever:

> IV - as condições de sustentabilidade e equilíbrio econômico-financeiro da prestação dos serviços, em regime de eficiência, incluindo:
> a) o sistema de cobrança e a composição de taxas e tarifas;
> b) a sistemática de reajustes e de revisões de taxas e tarifas.

O Art. 29 do mesmo normativo delibera que os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços, entre outros:

> *II - de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos: taxas ou tarifas e outros preços públicos, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades;*
> *§ 1° Observado o disposto nos incisos I a III do caput do artigo, a instituição das tarifas, preços públicos e taxas para os serviços de saneamento básico observará as seguintes diretrizes:*
> *I - prioridade para atendimento das funções essenciais relacionadas à saúde pública;*
> *II - ampliação do acesso dos cidadãos e localidades de baixa renda aos serviços;*
> *III - geração dos recursos necessários para realização dos investimentos, objetivando o cumprimento das metas e objetivos do serviço;*
> *IV - inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos;*
> *V - recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço, em regime de eficiência;*
> *VI - remuneração adequada do capital investido pelos prestadores dos serviços;*
> *VII - estímulo ao uso de tecnologias modernas e eficientes, compatíveis com os níveis exigidos de qualidade, continuidade e segurança na prestação dos serviços;*
> *VIII - incentivo à eficiência dos prestadores dos serviços.*
> *§ 2° Poderão ser adotados subsídios tarifários e não tarifários para os usuários que não tenham capacidade de pagamento suficiente para cobrir o custo integral dos serviços*

Os reajustes de tarifas de serviços públicos de saneamento básico serão realizados observando-se o intervalo mínimo de doze meses, de acordo com as normas legais, regulamentares e contratuais. A Política Federal de Saneamento

Básico infere que as revisões tarifárias compreenderão a reavaliação das condições da prestação dos serviços e das tarifas praticadas e poderão ser:

> *I - periódicas, objetivando a distribuição dos ganhos de produtividade com os usuários e a reavaliação das condições de mercado;*
> *II - extraordinárias, quando se verificar a ocorrência de fatos não previstos no contrato, fora do controle do prestador dos serviços, que alterem o seu equilíbrio econômico-financeiro.*

As revisões tarifárias terão suas pautas definidas pelas respectivas entidades reguladoras, ouvidos os titulares, os usuários e os prestadores dos serviços. Poderão ser estabelecidos mecanismos tarifários de indução à eficiência, inclusive fatores de produtividade, assim como de antecipação de metas de expansão e qualidade dos serviços. Os fatores de produtividade poderão ser definidos com base em indicadores de outras empresas do setor.

A entidade de regulação poderá autorizar o prestador de serviços a repassar aos usuários custos e encargos tributários não previstos originalmente e por ele não administrados, nos termos da Lei n° 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. As tarifas devem ser fixadas de forma clara e objetiva, devendo os reajustes e as revisões serem tornados públicos com antecedência mínima de trinta dias com relação à sua aplicação.

O Art. 42 da Lei nº 12.305/2010 determina que o Poder Público poderá instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender, prioritariamente, às iniciativas de:

> *I - prevenção e redução da geração de resíduos sólidos no processo produtivo;*
>
> *II - desenvolvimento de produtos com menores impactos à saúde humana e à qualidade ambiental em seu ciclo de vida;*
>
> *III - implantação de infraestrutura física e aquisição de equipamentos para cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda;*
>
> *IV - desenvolvimento de projetos de gestão dos resíduos sólidos de caráter intermunicipal ou, nos termos do inciso I do caput do art. 11, regional;*
>
> *V - estruturação de sistemas de coleta seletiva e de logística reversa;*
>
> *VI - descontaminação de áreas contaminadas, incluindo as áreas órfãs;*
>
> *VII - desenvolvimento de pesquisas voltadas para tecnologias limpas aplicáveis aos resíduos sólidos;*

VIII - desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos.

Já o Art. 8º da mesma Lei mostra que um dos instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos são os incentivos fiscais, financeiros e creditícios. Segundo o Art. 14 do Decreto nº 7.217/2010, a remuneração pela prestação de serviço público de manejo de resíduos sólidos urbanos deve levar em conta a adequada destinação dos resíduos coletados, podendo considerar também:

I - nível de renda da população da área atendida;

II - características dos lotes urbanos e áreas neles edificadas;

III - peso ou volume médio coletado por habitante ou por domicílio; ou

IV - mecanismos econômicos de incentivo à minimização da geração de resíduos e à recuperação dos resíduos gerados.

Para o cálculo da taxa parte-se do princípio de que a mesma deve remunerar o capital investido e ainda cobrir todos os custos relativos à prestação do serviço. Para elaboração de metodologia de cálculo dos custos do sistema de manejo dos resíduos domiciliares, pode ser utilizado a metodologia de cálculo de Taxa Interna de Retorno – TIR e Valor Presente Líquido – VPL.

Para a elaboração deste modelo de cálculo, deverão ser utilizados os seguintes parâmetros:

- Despesas – custo operacional e impostos;
- Investimentos em obras e serviços;
- Receitas – Faturamento, Inadimplência e Arrecadação.

As receitas obtidas são referentes às taxas específicas, como por exemplo, a Taxa de Coleta de Lixo, cobrada juntamente com o Imposto sobre a Propriedade Territorial Urbana – IPTU. Deverão ser consideradas as despesas operacionais relativas à coleta domiciliar (convencional e seletiva), destinação final (reciclagem dos resíduos secos e orgânicos) e disposição final (aterro sanitário).

O VPL – Valor Presente Líquido é uma função financeira utilizada na análise da viabilidade de um projeto de investimento. É definido como o somatório dos valores presentes dos fluxos estimados de uma aplicação, calculados a partir de uma taxa dada e de seu período de duração.

Os fluxos estimados podem ser positivos ou negativos, de acordo com as entradas ou saídas de caixa. A taxa fornecida à função representa o rendimento esperado. Caso o VPL encontrado no cálculo seja negativo, o retorno do projeto será menor que o investimento inicial, o que sugere que ele seja reprovado. Caso ele seja positivo o valor obtido no projeto pagará o investimento inicial, o que o torna viável.

A TIR – Taxa Interna de Retorno é um método utilizado na análise de projetos de investimento. É definida como a taxa de desconto de um investimento que torna seu valor presente líquido nulo, ou seja, que faz com que o projeto pague o investimento inicial quando considerado o valor do dinheiro no tempo.

Com os valores dos projetos, programas, ações e receitas anuais pode-se calcular a taxa per capita (R$/habitantes/mês), conforme o valor que for cobrado pela administração, sendo neste caso recomendada a cobrança juntamente no carnê de IPTU no início do ano para se ter em caixa o valor de investimento neste setor.

A tabela a seguir, especifica as principais estruturas e equipamentos que constam no Sistema de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos e que devem ser computados no cálculo da taxa. Também existem os custos da operacionalização do serviço e de programas como o de Educação Ambiental e Comunicação Social.

Tabela 85 - Principais estruturas e equipamentos que constam no Sistema de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos.

Componentes do Sistema de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos suscetíveis a implementação de taxa de cobrança	
Estruturas e Equipamentos	Indicador sobre a inserção da Taxa
Refeitório e vestiário para os colaboradores da limpeza pública	Deve haver no cálculo da taxa um componente destinado a criação em manutenção de pontos de apoio.
Veículos	A taxa deve também contemplar a questão da manutenção e aquisição de veículos para a coleta.
Pátio de compostagem	Construção ou manutenção.
Aterro Sanitário	Taxa de disposição final em aterro sanitário.
Trituradores para RCC e podas de galhos	Aquisição e manutenção.
Resíduos Recicláveis	A taxa deverá conter os custos inerentes ao sistema de coleta de resíduos recicláveis, como: aquisição e manutenção do veículo de coleta, local para armazenamento, triagem, esteira, prensa e balança.
Imóvel residencial	Pode-se aplicar uma taxa base com a coleta convencional e de recicláveis.
Terreno	Taxa base.
Comercio e serviços	Taxa base com a coleta convencional e de recicláveis.
Supermercados, shoppings, hospitais e industrias	Taxa diferenciada devido a quantidade de resíduo gerado.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Segundo o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Governo Federal, do Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM e da Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR, o valor unitário da Taxa de Coleta de Lixo – TCL –, pode ser calculado simplesmente dividindo-se o custo total anual da coleta de lixo domiciliar pelo número de domicílios existentes na cidade.

Todavia, esse valor unitário pode ser adequado às peculiaridades dos diferentes bairros da cidade, levando em consideração alguns fatores, tais como os sociais (buscando uma tarifação socialmente justa) e os operacionais. O fator social é função do poder aquisitivo médio dos moradores das diferentes áreas da cidade.

Já o fator operacional reflete o maior ou menor esforço, em pessoal e em equipamentos, empregado na coleta, seja em função do uso a que se destina o imóvel (comercial, residencial etc.), seja por efeito de sua localização ou da necessidade de se realizar maiores investimentos (densidade demográfica, condições topográficas, tipo de pavimentação etc.).

Segundo o manual não se deve negligenciar, no orçamento, parcelas dos custos de transferência, transporte, tratamento e destino final, assim como administração, gerenciamento, sistemas de controle, despesas de capital e desenvolvimento tecnológico vinculados à coleta. Os custos para a coleta de resíduos devem levar em consideração despesas de custeio e capital, incluindo pessoal e encargos sociais, uniformes, auxílio de alimentação e transporte, seguros e impostos.

Os custos dos veículos e equipamentos englobam preço de aquisição, depreciação, reposição, consumo de combustíveis e lubrificantes, pneus, baterias, manutenção e peças de reposição.

O manual infere que, em geral, o custo da coleta, incluindo todos os segmentos operacionais até a disposição final, representa cerca de 50% do custo do sistema de limpeza urbana da cidade. Na coleta, o emprego da mão-de-obra é pouco intensivo, e a incidência dos custos de veículos e equipamentos é muito grande. Na limpeza de logradouros acontece o inverso, com aplicação de mão-de-obra intensiva, abrangendo os garis varredores e menos equipamentos.

O Ministério do Meio Ambiente apresenta também um sistema de cálculo para taxa de resíduos sólidos urbanos em cinco etapas, Sendo elas:

- Levantamento de dados básicos do município, como número de habitantes, domicílios e estabelecimentos e a geração de resíduos per capita;

- Definição do valor presente dos investimentos necessários no horizonte do Plano, como veículos, garagem, PEV, projetos, licenças e obras do aterro sanitário e repasses não onerosos da União ou Estado;

- Definição dos custos operacionais mensais considerando a contratação direta ou indireta (concessão), como combustíveis, mão de obra, EPIs, materiais, energia elétrica, etc;

- Parâmetros para financiamento, sendo: porcentagem de resíduos na coleta convencional; porcentagem de resíduos na coleta seletiva; prazo de pagamento e taxa de financiamento dos investimentos (inclui juros e inflação);

- Cálculo da taxa: calculado através do custo operacional total por tonelada mais o valor do financiamento dividido pelo número de economias.

Contudo, cabe aos gestores municipais identificar a melhor forma para aplicar a taxa inerente aos serviços do sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos. Sempre considerando os anseios da população urbana e rural na melhoria do serviço e, que haja um balanço positivo entre a receita e o custo, propiciando desta forma que outros setores da cidade possam receber mais investimentos.

Alcançar esta sustentabilidade financeira no gerenciamento de resíduos sólidos municipal requer muito esforço técnico, político e principalmente a participação popular. Sendo neste último, o fator preponderante, pois, população bem-educada e sinônimo de ambiente limpo e saudável.

Modelo de Tarifa

Existem inúmeros sistemas tarifários aplicados por prestadoras de serviço, públicas e privadas, de saneamento no Brasil. A diferença entre eles costuma ser em virtude das condições e abrangência dos sistemas, do poder aquisitivo local, das legislações estaduais e municipais diferentes, e das idiossincrasias municipais e regionais.

Contudo, todas elas devem obedecer ao preconizado na Lei n° 14.026/2020, Novo Marco Legal do Saneamento Básico, que dispõe sobre as tarifas dos serviços públicos de saneamento e dá outras providências.

Para o sistema de limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos, a taxa pode ser cobrada segundo o emanado pela Lei n° 14.026/2020, atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico, que em seu Art. 35 diz que as taxas ou as tarifas decorrentes da prestação de serviço de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos poderão considerar, entre outros:

- A destinação ambientalmente adequada dos resíduos coletados;
- O nível de renda da população atendida;
- As características dos lotes e as áreas que podem ser neles edificadas;
- O consumo de água e;
- A frequência de coleta.

A seguir, demonstra-se um **modelo básico hipotético** para estabelecer uma taxa que garanta a sustentabilidade financeira dos serviços e ao mesmo tempo seja justa quanto à responsabilidade de pagamento na mesma proporção de uso do sistema, de acordo com o preconizado no novo marco legal do saneamento básico, Lei Federal n° 14.026/2020.

Conforme evidenciado no diagnóstico, Paraibuna já adota um modelo tarifário estabelecido pela Lei Complementar nº 89, de 16 de dezembro de 2021, que define os critérios de cálculo das tarifas. Este modelo pode ser mantido, ou eventualmente ajustado para uma nova metodologia de cálculo, caso sejam identificadas oportunidades para aprimorar a equidade e eficiência no sistema tarifário do município.

A taxa consiste na aplicação de uma fórmula com um valor fixo (VF) (determinado pelo custo) e outra variável, levando-se em consideração parâmetros tais como: Tipo de Economia, Quantidade de Economias, Consumo de Água e Frequência de Coleta de Resíduos. O número de economias (NEC) foi retirado dos dados do SNIS, referentes a 2022. O custo total foi obtido

dividindo-se a despesa total anual com o sistema, sendo R$19.015.413,40 dividido por 12, obtendo-se assim o custo mensal de R$1.584.617,78.

$$VF = \frac{CT}{NEC}$$

$$VF = \frac{1.584.617,78}{33.943,00}$$

$$VF = R\$\ 46,68$$

TARIFA = VF.FC.CI.CA

FATORES:

Quanto a frequência da coleta (FC)

- Diária = 2,0
- Alternada (3x semana) = 1,0

Quanto à classificação do imóvel (CI)

- Social = 0,25
- Residencial = 0,7
- Comercial = 1,2
- Industrial = 5,0
- Público = 0,5
- Ambulantes = 0,5
- Feira Livre = 0,8

Quanto ao Consumo de Água (CA) – RESIDENCIAL, PÚBLICA E SOCIAL

- 1ª Faixa - 0 a 10 m^3 = 0,5
- 2ª Faixa - 11 a 15 m^3 = 0,60
- 3ª Faixa - 16 a 30 m^3 = 1,10
- 4ª Faixa - 31 a 45 m^3 = 1,80
- 5ª Faixa - 46 a 60 m^3 = 2,50
- 6ª Faixa - 61 a 999 m^3 = 4,00

Quanto ao Consumo de Água (CA) – COMERCIAL E INDUSTRIAL

- 1ª Faixa - 0 a 10 m^3 = 0,7
- 2ª Faixa - 11 a 20 m^3 = 1,6
- 3ª Faixa - 21 a 30 m^3 = 3,0
- 4ª Faixa - 31 a 999 m^3 = 3,5

Exemplo prático para uma economia de imóvel residencial que recebe coleta de lixo alternada e está na 1ª Faixa de Consumo de Água:

TARIFA = VF.FC.CI.CA

TARIFA = 46,68 x 1,0 x 0,7 x 0,5

TARIFA = R$16,34

Usando o mesmo exemplo para um imóvel com coleta diária, fator x2, o valor da tarifa seria de R$32,68.

Para um imóvel comercial, com coleta diária, 1ª faixa de consumo, o cálculo resulta em:

TARIFA = VF.FC.CI.CA

TARIFA = 46,68 x 2,0 x 1,2 x 0,7

TARIFA = R$78,42

Agora um exemplo para o CA industrial, com coleta diária, na 2ª faixa de consumo, a conta seria:

TARIFA = VF.FC.CI.CA

TARIFA = 46,68 x 2,0 x 5,0 x 1,6

TARIFA = R$746,88

Caso a coleta fosse alternada, esse valor cairia para R$373,44

O modelo acima é apenas um exemplo e deve ser discutido com a sociedade para o seu aprimoramento. Ainda, a tarifa pode ser implementada progressivamente, ao longo de 5 ou 6 anos, para não impactar diretamente a estabilidade financeira dos usuários.

Também devem ser previstas tarifas sociais para aqueles usuários que não tenham condições financeiras ou encontrem-se em situação de vulnerabilidade que os impeçam de pagar o valor total da tarifa, montante a ser suprido pelos fatores de conversão supracitados de forma que o sistema de cobrança seja ao mesmo tempo justo e economicamente viável.

3.3.14. Medidas de Redução, Reutilização, Coleta Seletiva e Reciclagem, entre outras, com Vistas a Reduzir a Quantidade de Rejeitos Encaminhados para Disposição Final Ambientalmente Adequada

Para iniciar um projeto que estruture a redução, a reutilização, a coleta seletiva e a reciclagem, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para a área de transbordo municipal e posteriormente para o Centro de Gestão de Resíduos – CGR de Catanduva, é necessário uma série de procedimentos específicos à gestão, para propiciar uma política sustentável e que possa fornecer a população local uma série de benefícios contemplando os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Desta forma, seguem os capítulos abaixo com as etapas essenciais para atingir a meta de redução de envio de rejeitos, relacionado aos resíduos recicláveis e aos resíduos orgânicos. Pois, a gestão eficiente destes dois tipos de resíduos aumentara a vida útil do local de destinação.

Resíduos Recicláveis

Abaixo seguem as metas referente aos resíduos recicláveis visando a diminuição de rejeitos encaminhados para área de transbordo e posteriormente ao Centro de Gestão de Resíduos de Catanduva:

- Diagnóstico da Situação Atual: nesta fase do projeto são levantadas todas questões referentes a reciclagem de resíduos sólidos no município, como, programas de educação ambiental voltadas a reciclagem, elaboração de pesquisa junto a comunidade local sobre a aceitação ou não do programa de reciclagem, presença de comércio de recicláveis no município ou na região (compradores de sucata ferrosa, madeiras, papel e papelão, plásticos, vidros e entre outros), existência de aterros sanitários, aterros controlados ou lixões, catadores informais, atravessadores informais, fontes de financiamentos e tecnologias disponíveis;

- Fase de Planejamento: a fase do planejamento envolve a adesão da população no projeto, os custos envolvidos, o cadastramento de catadores e atravessadores informais, data de inicio, locais onde a coleta será realizada, dimensionamento de recursos físicos e humanos, possibilidade de parcerias com municípios vizinhos e possíveis compradores de materiais recicláveis;

- Fase de Implantação: para a implantação do projeto é necessário uma ampla divulgação no município, determinação dos dias e horários da coleta, implantação de recipientes coletores próprios de materiais recicláveis, treinamento dos colaboradores envolvidos, implantação de centros de triagem com todos os equipamentos e normas necessárias (local coberto, piso impermeável, sinalizações, balanças, prensas e etc.), estruturação

humana e física da gestão e acompanhamento de assistência social;

- Operação e Monitoramento: a operação e o monitoramento consistem no acompanhamento das entradas e saídas dos materiais, evolução dos preços e custos, acompanhamentos sociais e econômicos dos colaboradores envolvidos e avaliação dos ganhos ambientais.

Através dos procedimentos citados acima é possível garantir através de uma coleta seletiva eficiente o bom funcionamento do projeto em questão. Ressalta-se, que etapas complementares poderão ser adicionadas e outras formas de gestão também poderão ser acrescentadas.

Resíduos Orgânicos

Novamente este tipo de resíduo ganha destaque neste Plano, pois, uma gestão eficiente sobre o mesmo ocasiona em economia para o município, relacionado ao aumento da vida útil do centro de gestão de resíduos. Através de programas que incentivam a agricultura familiar e a criação de hortas domésticas, com os produtos da compostagem podendo ser utilizados em jardins e hortas.

Ressaltando que os principais benefícios advindos da compostagem são a redução da quantidade de resíduos aterrados, a redução do potencial de geração de gases e da carga orgânica dos líquidos lixiviados nos aterros, a eliminação dos patógenos e das sementes de ervas daninhas e a produção de um composto orgânico que melhora a estrutura do solo, diminuindo assim, os processos erosivos e aumentando a eficiência de absorção dos fertilizantes minerais.

Mas, toda esta gestão voltada aos resíduos orgânicos, com metas para diminuir os rejeitos encaminhados para o aterro sanitário, não se aplica apenas aos restos de alimentos, produzidos ou pelas residências ou pelos grandes

geradores. Esta gestão deve também focar os resíduos oriundos da poda e da capina.

Pois, a poda e a capina geram grandes quantidades de massa verde, que sobrecarregam também o local de destinação. Sendo assim, abaixo seguem as metas relacionadas aos resíduos orgânicos com vistas a diminuição de rejeitos encaminhados para o aterro sanitário:

- Educação Ambiental mostrando a população o que é o resíduo orgânico e a sua importância em não o encaminhar para o aterro sanitário;
- Mapear os grandes geradores;
- Construir Centros de Tratamento de Resíduos Orgânicos – CTRO;
- Distribuir sacos plásticos especiais para a população acondicionar este resíduo;
- Criar mecanismos de controle.

3.3.15. Descrição das Formas e dos Limites da Participação do Poder Público Local na Gestão dos Resíduos Sólidos

O Artigo 7° da Lei n° 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, relata que o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos é composto pelas seguintes atividades:

I – de coleta, transbordo e transporte dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do art. 3º desta Lei;

II - de triagem para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do art. 3º desta Lei;

III - de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana.

Desta forma, como a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos são serviços públicos de interesse social, o Município de Paraibuna é o responsável pela organização e prestação destes serviços, conforme determina o Artigo 30 da Constituição Federal de 1988. Sendo, de acordo com o respectivo Artigo, compete aos municípios:

V - Organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial.

As figuras abaixo mostram algumas formas de gestão para o manejo dos resíduos sólidos urbanos.

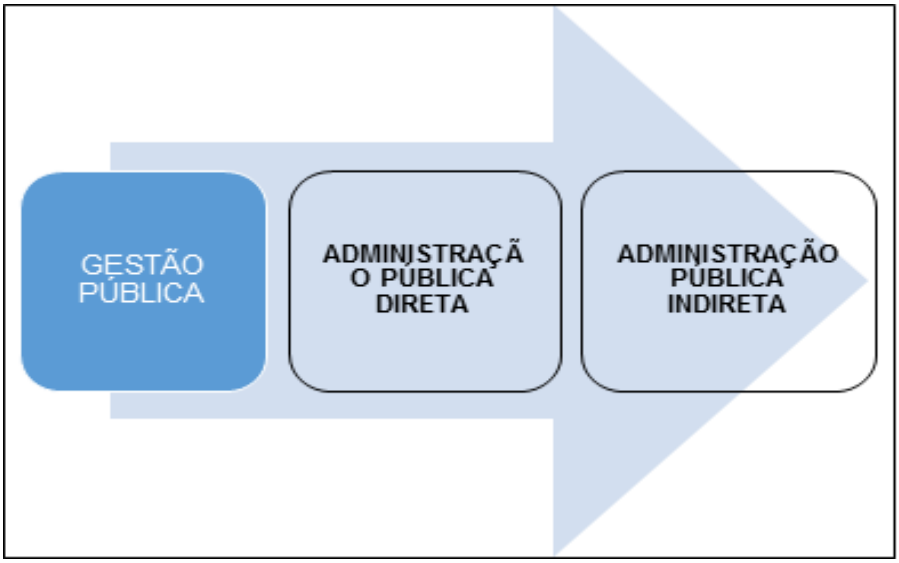


Figura 117 - Gestão pública para o manejo de resíduos sólidos urbanos.
Fonte: Lei nº 11.079/2004. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

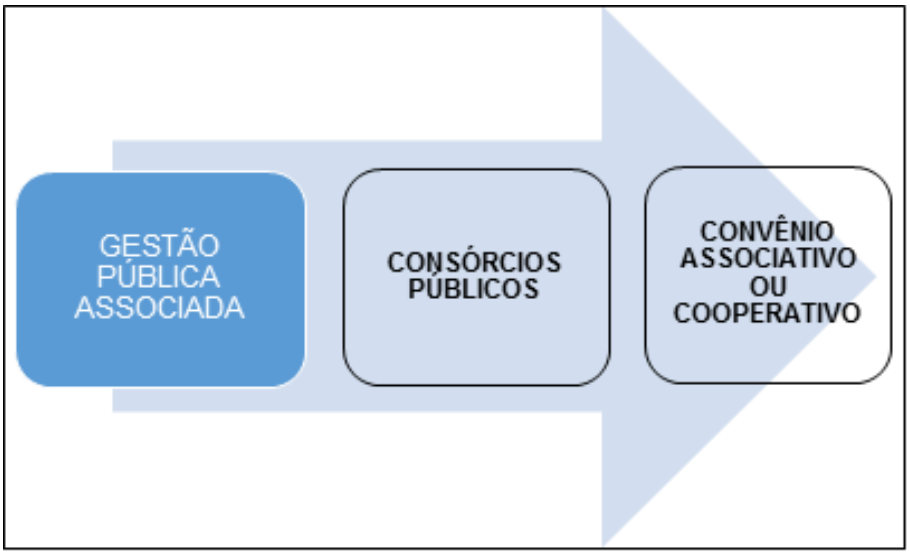


Figura 118 - Gestão pública associada para o manejo de resíduos sólidos urbanos.
Fonte: Lei nº11.079/2004. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

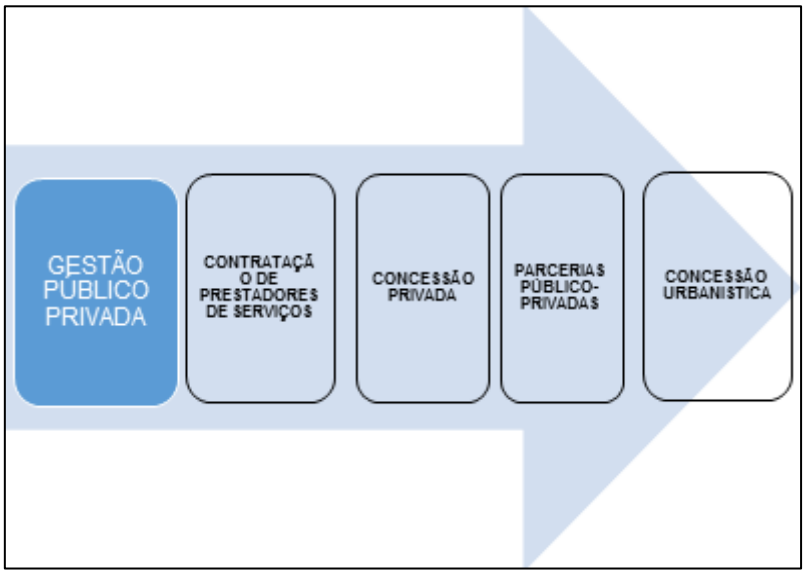


Figura 119 - Gestão público-privada para o manejo de resíduos sólidos urbanos.
Fonte: Lei nº11.079/2004. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O município poderá optar por um destes modelos de gestão de manejo de resíduos sólidos ou, associar a duas ou mais formas, dependendo de sua viabilidade econômica, financeira e social. Visto que, a gestão dos resíduos sólidos urbanos envolve muitas atividades diferentes, porém, correlacionadas.

Desta forma, pode ser vantajoso ao município terceirizar parte do serviço de manejo de resíduos sólidos urbanos, e fiscalizar todo o sistema de gestão.

Entretanto, seja qual for a opção de gestão adotada, recomenda-se análises técnicas, financeiras, políticas e sociais, para que todo o serviço de

manejo dos resíduos sólidos urbanos, venha a ter qualidade no atendimento e execução, e que atenda os anseios da população.

Para definir melhor as modalidades de gestão de manejo dos resíduos sólidos urbanos, atendendo desta forma as expectativas do município, são necessários estudos mais aprofundados, principalmente nos segmentos citados no parágrafo anterior. Destaca-se, que além da gestão consorciada ou compartilhada de resíduos sólidos urbanos, já tratada no item acima, outra modalidade de gestão integrada de resíduos sólidos para o município, são as parcerias público-privadas – PPP.

A implantação de PPP requer uma série de procedimentos estipulados pela Lei n°11.079/2004, onde está, institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da Administração Pública.

Em resumo, a PPP são contratos de concessão em que o parceiro privado realiza os investimentos em infraestrutura para a prestação de um serviço, cuja amortização e remuneração é viabilizada pela cobrança de tarifas dos usuários e de subsídio público, ou é integralmente paga pela Administração Pública.

Este tipo de parceria possibilita que a gestão eficiente da iniciativa privada, assim como, os capitais pertencentes a ela, sejam destinados para os serviços públicos, estruturando uma gestão capaz de proporcionar o uso dos recursos públicos de maneira otimizada. Dentre os instrumentos da Lei n°11.079/2004, destacam-se os Artigos 5°,11, 12 e 13:

- Flexibilidade no processo licitatório, ao permitir a abertura das propostas técnicas antes da habilitação;
- Emprego de mecanismo privado de resolução de disputa durante a execução contratual;
- Possibilidade de os agentes financeiros assumirem o controle da Sociedade de Propósito Específico – SPE, em caso de inadimplência dos contratos de financiamentos;
- Repartição dos riscos entre as partes (pública e privada), inclusive os referentes a caso fortuito, força maior e álea econômica extraordinária;
- Fornecimento de garantias de execução pelo parceiro público;

- Compartilhamento com a Administração Pública dos ganhos econômicos efetivos do parceiro privado, decorrentes da redução dos riscos de créditos de financiamentos.

Os instrumentos da Lei n° 11.079/2004 citados acima, demonstram que a modalidade de PPP é bastante favorável para a prestação dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos para o Município de Paraibuna.

Além disso, a PPP apresenta para a sociedade uma forma de execução dos serviços públicos com mais eficiência e agilidade. Pois, com a elaboração de bons contratos de execução de serviços, os mesmos tendem a ser melhor administrados. Para que as PPPs possuam maior transparência em suas aplicações, a Lei n° 11.079/2004, determina:

- Valor do contrato inferior a vinte milhões de reais;
- Período de prestação do serviço seja inferior a cinco anos ou superior a trinta e cinco anos;
- Contratos que tenham como objeto único o fornecimento de mão-de-obra, o fornecimento e instalação de equipamentos ou a execução de obra pública.

Sendo assim, independentemente do modelo de gestão e manejo dos resíduos sólidos urbanos adotado pelo município, deve-se atentar para todo o trâmite legal exigido. Atendendo principalmente os objetivos como a regularidade, a continuidade, a funcionalidade e a universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, com sustentabilidade operacional e financeira.

3.3.16. Meios a Serem Utilizados para o Controle e a Fiscalização, no Âmbito Local, da Implementação e Operacionalização dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de que trata o Art. 20 e dos Sistemas de Logística Reversa

Esta determinação é referente ao Artigo 20 da Lei n° 12.305/2010, de acordo com o respectivo Artigo, estão sujeitos à elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos:

I - Geradores de resíduos sólidos previstos nas alíneas “e”, “f”, “g” e “k” do inciso I do Artigo 13°, sendo eles:

e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico;

f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em Normas estabelecidas pelos Órgãos do SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente e do SNVS – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II - Estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que:

a) gerem resíduos perigosos;

b) gerem resíduos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo Poder Público Municipal;

III - as empresas de construção civil, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA;

IV - Os responsáveis pelos terminais e outras instalações referidas na alínea “j” (as instalações referidas na alínea “j” são: os resíduos de serviços de transportes, originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira), do inciso I do Artigo 13 e, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e, se couber, do SNVS, as empresas de transporte;

V - Os responsáveis por atividades agrossilvopastoris, se exigido pelo órgão competente do SISNAMA, do SNVS ou do SUASA – Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária.

A Prefeitura Municipal de Paraibuna poderá também realizar inventários anuais sobre os maiores geradores de resíduos sólidos do município, a fim de conhecer melhor os tipos de resíduos gerados e as suas quantidades, para que assim se tenha uma base de dados para auxílio de entendimento em cenários futuros.

Estes inventários pode ser uma exigência da própria Prefeitura, obrigando o empreendimento a fornecer anualmente ou mensalmente, estas informações. O Artigo 21 da Lei n° 12.305/2010, determina o conteúdo mínimo para a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, sendo eles:

I - Descrição do empreendimento ou atividade;

II - Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados;

III - Observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA, do SNVS e do SUASA e, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos:

a) Explicitação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos;

b) Definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador;

IV - Identificação das soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores;

V - Ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes;

VI - Metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos e, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, à reutilização e reciclagem;

VII - Se couber, ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, na forma do Artigo 31;

VIII - Medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos;

IX - Periodicidade de sua revisão, observado, se couber, o prazo de vigência da respectiva licença de operação a cargo dos órgãos do SISNAMA.

As informações contidas no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos poderão ser complementadas caso o Departamento Municipal de Serviços Municipais entenda como necessário. A respectiva Secretaria poderá exigir também que o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, seja um critério utilizado nos processos de Licenciamento Ambiental. Com relatórios de acompanhamentos e monitoramentos da implementação das ações e metas pré-estabelecidas.

No caso de atividades que já se encontram em funcionamento, estes, deverão apresentar o Plano o Departamento Municipal de Serviços Municipais no momento da renovação do Alvará de Funcionamento, da Licença Ambiental de Operação ou, do Atestado de Funcionamento.

Entretanto, o Departamento Municipal de Serviços Municipais, responsável pela fiscalização da elaboração e aplicação do Plano, deverá também orientar sobre os procedimentos necessários para a elaboração e implantação do mesmo e da aplicação das penalidades incluídas na Lei n° 12.305/2010 – PNRS.

3.3.17. Ações de Emergência e Contingência Para o Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos

A paralisação da coleta de resíduos e limpeza pública poderão gerar incômodos à população e comprometimento da saúde pública e ambiental. A limpeza das vias através da varrição trata-se de serviço primordial para a manutenção de uma cidade limpa e salubre.

Diante disso, objetivou-se a adoção de medidas de contingência para casos de eventos emergenciais de paralisação dos serviços relacionados à limpeza pública, coleta e destinação de resíduos, conforme a tabela a seguir.

Tabela 86 - Ações de emergência e contingência - Resíduos sólidos.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO **PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA**			
SETOR	3	GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA	
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS			
OCORRÊNCIA		**ORIGEM**	**AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA**
Paralisação dos serviços de varrição		Greve dos funcionários da empresa contratada para os serviços de varrição ou outro fato administrativo (rescisão ou rompimento de contrato, processo licitatório, etc.)	Realizar campanha de comunicação visando mobilizar a sociedade para manter a cidade limpa no caso de paralisação da varrição pública.
			Contratar empresa especializada em caráter de emergência para varrição e coleta destes resíduos.
			Negociação da prefeitura/empresa com os trabalhadores.
			Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias.

Paralisação dos serviços de coleta de resíduos domiciliares	Greve dos funcionários da empresa contratada para os serviços de coleta de resíduos domiciliares e da Prefeitura Municipal ou outro fato administrativo	Acionar funcionários e veículos da Prefeitura e do Departamento Municipal de Serviços Municipais, para efetuarem a coleta de resíduos em locais críticos, bem como do entorno de escolas, hospitais, terminais urbanos de ônibus, lixeiras públicas, etc.
		Realizar campanha de comunicação visando mobilizar a sociedade para manter a cidade limpa no caso de paralisação da coleta de resíduos.
		Contratar empresas especializadas em caráter de emergência para coleta de resíduos.
		Negociação da Prefeitura/empresa com os trabalhadores.
		Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias.
Paralisação dos serviços de segregação de resíduos recicláveis e/ou coleta seletiva	Greve ou problemas operacionais da Cooperativa responsável pela coleta e triagem dos resíduos recicláveis	Acionar funcionários da Prefeitura e do Departamento Municipal de Serviços Municipaispara efetuarem estes serviços temporariamente.
		Departamento Municipal de Serviços Municipaispara execução dos serviços de coleta seletiva.
		Realizar campanha de comunicação visando mobilizar a sociedade para manter a cidade limpa no caso de paralisação da coleta seletiva.
		Celebrar contratação emergencial de empresa especializada para a coleta e comercialização dos resíduos recicláveis.
		Negociação da prefeitura/empresa com os trabalhadores.
		Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias.
Paralisação dos serviços de coleta e destinação dos resíduos de saúde/ hospitalares	Greve ou problemas operacionais da empresa responsável pela coleta e destinação dos resíduos de saúde/hospitalares	Acionar funcionários da Prefeitura e do Departamento Municipal de Serviços Municipais para efetuarem estes serviços temporariamente.
		Acionar os caminhões do Departamento Municipal de Serviços Municipais para execução dos serviços de coleta dos resíduos de saúde/ hospitalares, bem como o transporte dos resíduos de tratamento.
		Negociação da prefeitura/empresa com os trabalhadores.
		Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias.

Paralisação total dos serviços realizados na ATT ou CGR	Greve ou problemas operacionais pelo manejo do transbordo ou CGR.	Encaminhar os resíduos orgânicos para aterro alternativo (aterro particular ou de cidade vizinha), negociação da prefeitura/empresa com os trabalhadores.
		Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias.
	Explosão, incêndio, vazamentos tóxicos no aterro sanitário.	Acionar os caminhões do Departamento Municipal de Serviços Municipais para execução dos serviços de transporte dos resíduos até o local alternativo.
		Ações de remediação do problema e contenção da poluição ambiental. Reparo mediato.
		Cumprimento de todas as obrigações operacionais, normativas, contratuais e regulatórias.
Paralisação parcial dos serviços realizados no aterro	Ruptura de taludes/células	Evacuar a área do aterro sanitário cumprindo os procedimentos internos de segurança; acionar o órgão ou setor responsável pela administração do equipamento, bem como os bombeiros.
		Cumprimento de todas as obrigações operacionais, normativas, contratuais e regulatórias.
Vazamento de Chorume	Excesso de chuvas, vazamento de chorume ou problemas operacionais	Promover a contenção e remoção dos resíduos através de caminhão limpa fossa e encaminhar estes para a estação de tratamento de efluentes mais próxima do aterro
		Procedimentos de remediação emergenciais da área
		Monitoramento constante/cumprimento de todas as obrigações operacionais, normativas, contratuais e regulatórias

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.3.18. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos

Os objetivos, programas, projetos e ações para atingir tanto a universalização como a qualidade dos serviços relacionados ao sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos de Paraibuna foram elencados em tabelas sínteses, de acordo com seu setor e objetivo.

Nestas tabelas, a visualização das propostas pode ser observada tanto sob ótica macro como micro de análise, fluindo numa sequência lógica da

fundamentação do objetivo, as metas para atingi-lo nos diferentes prazos de projeto, os programas, projetos e ações necessárias para realizar tais metas e os métodos de acompanhamento que indicarão o êxito das tarefas. Sendo assim, abaixo estão definidos os objetivos propostos para o Município de Paraibuna.

3.3.18.1. Objetivo 1 – Implementação do Programa de Educação Ambiental

A tabela abaixo sintetiza as metas, ações e investimentos para este objetivo.

Tabela 87 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

SETOR	**3**	**MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO**				
OBJETIVO	**1**	**IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL**				
FUNDAMENTAÇÃO		A base para qualquer projeto na área de gerenciamento de resíduos sólidos e limpeza pública é a Educação Ambiental, quanto mais consciente o cidadão, melhor será o local onde ele vive. Isto independe de sua condição financeira, da sua cor, da sua raça ou do seu credo. População bem-educada é sinônimo de rios e córregos limpos, separação de seus resíduos dentro da sua casa, da sua escola, do seu trabalho ou do seu local de lazer, ruas e avenidas limpas e principalmente, cobrar uns dos outros e do Poder Público para manter locais limpos e arborizados. Sendo assim, pouco foi informado de Programas de Educação Ambiental, seja para crianças, jovens ou adultos em Paraibuna. Se faz necessário então, a adoção de práticas que estabeleçam no município programas como este, voltado para toda a população, atendendo aos instrumentos da Lei n° 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS.				
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Número de ações realizadas, número de pessoas impactadas, entrevistas com garis sobre a diminuição ou não de resíduos em vias públicas, número de terrenos baldios com acúmulo de resíduos, controle de recebimento de embalagens de agrotóxicos, qualidade da água de rios e córregos da região e controle de resíduos da logística reversa e RSS.				
METAS						
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**		**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**		
1) Programa de Educação Ambiental voltado para a reciclagem, resíduos orgânicos, coleta seletiva, logística reversa, vias públicas limpas, rios e córregos limpos, terrenos baldios limpos.		2) Manter o Programa de Educação Ambiental.		3) Manter o Programa de Educação Ambiental.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**				**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIAL DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
3.1.1	Implementar programa de Educação Ambiental para a população com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduos dispostos irregularmente em vias públicas, terrenos baldios e rios e córregos.	R$ 50.000,00	R$ 40.000,00	R$ 120.000,00	RP – FPU – FPR	1º ano 20.000 + 10 mil/ano até o 20º ano.

3.1.2	Implementar programa de Educação Ambiental junto aos comerciantes e aos produtores rurais referente a embalagens de agrotóxicos e produtos veterinários.	R$ 50.000,00	R$ 40.000,00	R$ 120.000,00	RP – FPU – FPR	1º ano 20.000 + 10 mil/ano até o 20º ano.
3.1.3	Implementar projeto de Educação Ambiental sobre coleta seletiva a fim de sensibilizar os geradores para a correta segregação na fonte dos resíduos recicláveis	R$ 50.000,00	R$ 40.000,00	R$ 120.000,00	RP – FPU – FPR	1º ano 20.000 + 10 mil/ano até o 20º ano.
3.1.4	Implementar projeto de Educação Ambiental junto aos geradores para melhorar o controle e garantir a correta destinação dos resíduos da logística reversa.	R$ 50.000,00	R$ 40.000,00	R$ 120.000,00	RP – FPU – FPR	1º ano 20.000 + 10 mil/ano até o 20º ano.
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 200.000,00**	**R$ 160.000,00**	**R$ 480.000,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 840.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.18.2. Objetivo 2 – Manutenção da Coleta Convencional e Destinação Final

Paraibuna realiza a coleta convencional de resíduos sólidos tanto nas áreas urbanas quanto rurais, seguindo um contrato específico para a execução dos serviços. A operação é conduzida com veículos apropriados, garantindo que os resíduos sejam transportados e destinados de forma adequada ao aterro sanitário localizado no município de Jambeiro. Diante disso, o objetivo proposto é manter e aprimorar a coleta e destinação final dos resíduos, ajustando conforme necessário para atender ao crescimento populacional projetado.

O cálculo das necessidades de manutenção e aprimoramento dos serviços será baseado nos custos reportados ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), além da quantidade total de resíduos gerados no último ano, garantindo a continuidade e a eficiência do sistema de manejo de resíduos ao longo do horizonte de planejamento.

Tabela 88 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
OBJETIVO	2	MANUTENÇÃO DA COLETA CONVENCIONAL E DESTINAÇÃO FINAL
FUNDAMENTAÇÃO		O Município de Paraibuna atualmente realiza a coleta convencional para os bairros, tanto rurais quanto da sede municipal, a partir de contrato com empresa privada. Os veículos utilizados para a coleta são apropriados para realização dos serviços. Desta forma, apesar do sistema de coleta convencional acontecer de maneira correta, deve-se buscar atender aos princípios contidos da Lei n° 12.305/2010 e na Lei n° 11.445/07, alterada pela Lei nº 14.026/2020, por meio de adequações periódicas na coleta de RDO visando manter a universalização dos serviços de gestão de resíduos sólidos para o horizonte de projeto de 20 anos. A destinação também é feita a partir de contrato com empresa privada, onde os materiais são transportados para o Aterro Sanitário de Jambeiro/SP.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Custo unitário da coleta de geração per capita de RDO. Custo unitário da coleta convencional por tonelada de RDO recolhido. Custo por tonelada da geração e destinação somadas.

METAS		
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS	MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS	LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS
1) Manter 100% da coleta convencional de RDO.	3) Reduzir em 20% a geração per capita de RDO. 4) Manter a coleta convencional de RDO.	5) Reduzir em 30% a geração per capita de RDO. 6) Manter a coleta convencional de RDO.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

CÓDIGO	DESCRIÇÃO				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.2.1	Manter a coleta convencional e destinação final de RDO.				FPU –FPR	Geração anual x Custo da coleta e destinação previsto em contrato (valor unitário da tonelada de 2022)

TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 0,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.18.3. Objetivo 3 – Implantação e Manutenção da Coleta Seletiva de Recicláveis

Em Paraibuna, ainda não há um sistema estruturado e formalizado para a coleta seletiva de resíduos recicláveis, o que representa uma oportunidade relevante para aprimorar a gestão de resíduos sólidos no município.

As ações e custos planejados foram delineados com base nos objetivos do Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos de Paraibuna, elaborado em 2022, para apoiar a criação e implementação de um roteiro de coleta seletiva. Essa iniciativa envolve a divulgação das rotas e a conscientização da população sobre a importância da separação dos materiais recicláveis.

O projeto também inclui a formação de uma cooperativa ou associação dedicada à triagem e comercialização desses resíduos, fortalecendo a cadeia de reciclagem e promovendo benefícios socioeconômicos para a comunidade.

A coleta seletiva é essencial não apenas pelo seu potencial de geração de renda aos envolvidos no processo, mas também pela capacidade de reduzir expressivamente o volume de resíduos enviados ao aterro sanitário, prolongando sua vida útil e minimizando os impactos ambientais.

Essa ação tem como objetivo integrar iniciativas que envolvem desde a coleta e triagem até a venda dos materiais recicláveis, promovendo um ciclo sustentável e eficiente de gestão de resíduos no município.

Tabela 89 - Tabela Síntese do Objetivo 3.

SETOR 3		**MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO**
		RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA
OBJETIVO	**3**	**IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DA COLETA SELETIVA DE RECICLÁVEIS**
FUNDAMENTAÇÃO		A coleta seletiva é essencial para atingir as metas de redução, reutilização e reciclagem. No Município de Paraibuna, conforme mencionado na etapa de diagnóstico, não há execução da coleta seletiva de materiais recicláveis, se tornando necessário a busca pela implantação e manutenção desta vertente.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Massa de recicláveis coletada. Massa de recicláveis enviada para a destinação final. Massa de rejeitos após a triagem dos recicláveis.

METAS		
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS	**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**	**LONGO PRAZO - 8 A 12 ANOS**
1) Estruturar a coleta seletiva para que atenda 100% da população, inclusive incluindo catadores informais no programa.	2) Manter a coleta seletiva.	3) Manter a coleta seletiva.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
4.1	Realizar a implantação de uma Cooperativa e Central de Triagem para os Catadores de Recicláveis para reunir todo o material reciclável coletado	R$ 500.000,00				Custo PMGIRS Paraibuna (2022)
4.2	Buscar parcerias para a aquisição de equipamentos mínimos como prensa e esteira de separação para cooperativa	R$ 1.000.000,00			AA - RP	Custo PMGIRS Paraibuna (2022)
4.3	Aquisição de Caminhão apropriado + caçambas estacionárias.	-			RP - FPR - FPR	Custo de mercado
4.4	Promover a divulgação do programa de coleta seletiva na mídia e junto às instituições de ensino, bairros, comércio, serviços e indústria, de forma continuada	R$ 540.000,00			RP - FPR - FPR	Custo PMGIRS Paraibuna (2022)
4.5	Fomentar a criação de associação ou cooperativa	-				-

4.6	Disponibilização de PEV's para materiais reaproveitáveis.	R$ 500.000,00			RP- FPU - FPR	R$5.000,00 o valor de um PEV em alvenaria (dimensões 1,5x,1,5x1,5) x 7 PEVs
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 2.540.000,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 2.540.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.18.4. Objetivo 4 – Implantar a Gestão dos Resíduos Orgânicos

O município de Paraibuna atualmente não possui políticas específicas na gestão dos resíduos orgânicos, sendo os mesmos destinados juntamente com os resíduos da coleta convencional, diminuindo a vida útil do aterro em questão utilizado e do volume de resíduos encaminhados para a destinação final. A tabela abaixo sintetiza as metas, ações e investimentos para este objetivo.

Tabela 90 - Tabela Síntese do Objetivo 4.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
OBJETIVO	4	IMPLANTAR A GESTÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS
FUNDAMENTAÇÃO		Atualmente não há ações direcionadas aos resíduos orgânicos em Paraibuna, os mesmos são destinados junto aos demais resíduos da coleta convencional para o Aterro de Jambeiro. Ressalta-se, que a Lei n° 12.305/2010 - PNRS, prevê dentre outras ações a implementação de práticas voltadas ao reaproveitamento da fração orgânica dos resíduos gerados nas atividades urbanas. A mesma lei também obriga os usuários do sistema a apresentarem os resíduos orgânicos segregados dos demais resíduos para coleta, aumentando assim a vida útil do local de destinação.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Fração orgânica dos RDO coletados, grandes geradores cadastrados e produção de composto.

METAS		
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS	MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS	LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS
1) Mapear os grandes geradores de resíduos orgânicos. 2) Aquisição de um veículo apropriado para a coleta diferenciada dos resíduos orgânicos. 3) Iniciar para 30% da população urbana a coleta diferenciada dos resíduos orgânicos. 4) Implementar o projeto piloto de horta e viveiro de mudas junto à central de compostagem.	5) Iniciar para 50% da população urbana a coleta diferenciada de resíduos orgânicos. 6) Manter projeto de horta comunitária e viveiro de mudas junto à central de compostagem.	7) Iniciar para 100% da população urbana a coleta diferenciada para os resíduos orgânicos. 8) Manter a coleta diferenciada de resíduos orgânicos para a população urbana. 9) Manter projeto de horta comunitária e viveiro de mudas junto à central de compostagem.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

CÓDIGO	DESCRIÇÃO				POSSÍVEIS FONTES	MEMORIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.4.1	Cadastrar os grandes geradores de resíduos orgânicos, como por exemplo: hotéis, restaurantes, escolas, mercados, feiras etc.	R$ 15.600,00			RP - AA	Salário estagiário x 12 meses
3.4.2	Aquisição de Caminhão baú para a coleta de orgânicos.	R$ 210.000,00			RP - FPU - FPR	Média de preço do caminhão baú

3.4.3	Elaborar e divulgar a rota e o cronograma de coleta diferenciada para os resíduos orgânicos em toda a área urbana.	R$ 15.600,00			RP - AA	1 Estagiário R$1300,00 x 12 meses, ação administrativa para manutenção a médio e longo prazo
3.4.4	Elaborar projeto executivo de unidade central de triagem e sistema compostagem.	R$ 160.000,00			RP - FPU - FPR	Custo PMGIRS Paraibuna (2022)
3.4.5	Analisar a viabilidade e elaborar projeto de implantação de hortas comunitárias em bairros do município e utilizar o composto orgânico nelas.	R$ 25.000,00			RP - FPU - FPR	Custo PMGIRS Paraibuna (2022)
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 426.200,00**	**-**	**-**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 426.200,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.18.5. Objetivo 5 – Adequar os Serviços de Limpeza Pública

A limpeza pública tem como fim maior proteger a saúde ambiental, prevenindo as doenças resultantes da proliferação de vetores e a ocorrência de enchentes ou assoreamento provocados pelo acúmulo de resíduos em sistemas de drenagem e cursos d'água.

Em Paraibuna, conforme contrato estabelecido para a execução dos serviços de limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos, a varrição ocorre de forma manual em cerca de 61 km de vias e logradouros públicos e em 7.414 m² em áreas de praças e feiras livres.

O cronograma é dividido em 5 setores, com a frequência de duas vezes por semana, além da execução nas praças e feiras livres elencadas uma vez por semana.

Tabela 91 - Tabela Síntese do Objetivo 5.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
OBJETIVO	5	ADEQUAR OS SERVIÇOS DE LIMPEZA PÚBLICA
FUNDAMENTAÇÃO		Em Paraibuna, conforme contrato estabelecido para a execução dos serviços de limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos, a varrição ocorre de forma manual em cerca de 61 km de vias e logradouros públicos e em 7.414 m² em áreas de praças e feiras livres. O cronograma é dividido em 5 setores, com a frequência de duas vezes por semana, além da execução nas praças e feiras livres elencadas uma vez por semana.

METAS		
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS	MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS	LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS
1) Aquisição de triturador de galhos. 2) Fiscalização ostensiva. 3) Manter o serviço de limpeza pública.	4) Destinar os resíduos verdes para a compostagem. 5) Manter a fiscalização e adequação dos serviços.	6) Manter o serviço de limpeza pública. 7) Manter a fiscalização e adequação dos serviços.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.5.1	Aumentar a fiscalização	-			RP	
3.5.2	Disponibilização de triturador móvel para resíduos verdes	**R$ 100.000,00**			RP - FPU	Custo PMGIRS Paraibuna (2022)
3.5.3	Manter o serviço de limpeza pública	**-**	**-**	**-**	RP - FPU - FPR	Custo atual x anos
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 100.000,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 100.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.18.6. Objetivo 6 – Gestão de Resíduos Sólidos Agrossilvopastoris

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 7, suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realizá-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 92 - Tabela Síntese do Objetivo 6.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	**3**	**RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA**					
OBJETIVO	**6**	**GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS AGROSILVOPASTORIS**					
FUNDAMENTAÇÃO		Em Paraibuna, não há controle da geração e destinação desses resíduos, o que demanda maior fiscalização e conscientização dos geradores de modo a evitar seu descarte incorreto e o comprometimento da qualidade dos compartimentos ambientais.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Controle de recebimento de embalagens vazias nos pontos de venda. Controle de destinação final adequada emitido pelo INPEV.					
METAS							
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**		**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**			
1) Mapear os grandes geradores. 2) Implantar o controle de recebimento das embalagens vazias nos pontos de venda. 3) Firmar parceria com o INPEV - Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias.		4) Atingir o descarte correto de 50% das embalagens de agrotóxico comercializadas.		5) Atingir o descarte correto de 100% das embalagens de agrotóxico comercializadas.			
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**	
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**			
3.6.1	Realizar cadastro dos geradores de resíduos agrossilvopastoris, para criar um perfil do gerador rural do município.	R$ 21.000,00	-	-	RP - AA	Custo PMGIRS Paraibuna (2022)	
3.6.2	Iniciar parceria com o INPEV para o recolhimento das embalagens.	-	-	-	AA		
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 21.000,00**	**-**	**-**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 21.000,00**	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.18.7. Objetivo 7 – Fomentar a Responsabilidade Compartilhada Sobre a Gestão dos Resíduos da Logística Reversa

O diagnóstico da gestão de resíduos sólidos em Paraibuna revelou que, até o momento, o município conta com iniciativas voltadas para a logística reversa de pneus, realizada em 2024, bem como programas de coleta de lâmpadas inservíveis e pilhas. No entanto, para aprimorar a gestão dos resíduos sujeitos à logística reversa, o plano propõe não apenas a continuidade dessas ações, mas também a expansão para incluir a coleta de eletroeletrônicos inservíveis, visando o descarte adequado e a recuperação de materiais.

Além disso, será recomendado a criação de um cadastro específico por tipologia de resíduos, o que permitirá um controle mais eficiente sobre os materiais sujeitos à logística reversa. Essa última medida estava previamente proposta no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Paraibuna, elaborado em 2022, reforçando a necessidade de sua implementação para assegurar a responsabilidade compartilhada e o cumprimento das diretrizes de sustentabilidade e gestão integrada de resíduos sólidos no município.

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 7, com suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realizá-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 93 - Tabela Síntese do Objetivo 7.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
OBJETIVO	7	FOMENTAR A RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS DA LOGÍSTICA REVERSA
FUNDAMENTAÇÃO		No Município de Paraibuna não há controle da quantidade gerada e coletados dos resíduos de logística reversa, exceto programas de coleta de pneus inservíveis, além de locais de entrega de lâmpadas e pilhas. Faz-se necessário a implantação de programas responsáveis por realizar essa quantificação e aprimorar os existentes. Além de promover a correta coleta e destinação de tais resíduos, principalmente de eletroeletrônicos.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Responsáveis mapeados. Massa e/ou volume coletados e destinados.

METAS		
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS	MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS	LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS
1) Coletar e destinar corretamente 30% dos Resíduos da Logística Reversa aumentando o número de PEVs. 2) Fortalecer a fiscalização. 3) Buscar solução para a destinação final dos resíduos de logística reversa obrigatória. 4) Manter o programa de logística reversa obrigatória.	5) Coletar e destinar corretamente 50% dos Resíduos da Logística Reversa 6) Manter o programa de logística reversa obrigatória.	7) Coletar e destinar corretamente 100% dos Resíduos da Logística Reversa 8) Manter o programa de logística reversa obrigatória.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.7.1	Aumentar os PEV destinados ao recebimento de pilhas e baterias usadas, lâmpadas fluorescentes e resíduos eletrônicos.	R$ 56.000,00			RP – FPU – FPR	Preço médio de um PEV para resíduos eletrônicos x a quantidade de PEVs necessário.

3.7.2	Mapear e cadastrar os responsáveis pelos resíduos (comerciantes, distribuidores, importadores, fabricantes etc.) em cada tipologia da Logística Reversa dos Resíduos.	R$ 75.000,00			RP - AA	Custo PMGIRS Paraibuna (2022)
3.7.3	Continuação do programa "Cata Treco" anualmente, que realiza a coleta de pneus inservíveis destinados incorretamente e da frota de veículos Municipais.	-	-	-	AA	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 131.000,00**	**R$ 0,00**	**R$ 0,00**		**R$ 131.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.18.8. Objetivo 8 – Aprimorar a Gestão dos RSS

A gestão dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) em Paraibuna é realizada de maneira adequada, com a coleta e destinação sendo executadas por uma empresa privada especializada, a Alcance Ambiental.

Os resíduos são inicialmente armazenados na Santa Casa Municipal, que funciona como o ponto de concentração para os materiais gerados por diversos estabelecimentos de saúde. Além da Santa Casa, outros geradores de RSS incluem o Pronto Socorro Municipal e as Unidades Básicas de Saúde (UBS) dos bairros Espírito Santo e Ribeirão Branco, entre outros.

Cada gerador é responsável por encaminhar os resíduos para o ponto de concentração, de onde são coletados para tratamento e destinação final. Para garantir a continuidade desse serviço, o planejamento foi baseado no valor anual gasto em 2022 com o manejo dos RSS, conforme os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

O objetivo é assegurar a manutenção e o aprimoramento da gestão dos resíduos de serviços de saúde no município, alinhando-se às necessidades atuais e futuras de manejo seguro e responsável.

Tabela 94 - Tabela Síntese do Objetivo 8.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO						
SETOR	**3**	**RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA**				
OBJETIVO	**8**	**APRIMORAR A GESTÃO DOS RSS**				
FUNDAMENTAÇÃO		De acordo com o diagnóstico a coleta e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos dos serviços de saúde em Paraibuna é feita pela empresa Alcance Ambiental. De forma geral, a empresa terceirizada realiza coleta dos resíduos de serviço de saúde no ponto de armazenamento, localizado no interior da Santa Casa de Paraibuna e cada gerador deve fazer o encaminhamento dos materiais para o ponto de concentração, e então, coletado pela empresa e encaminhado para a correta destinação.				
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Massa de RSS coletada e fração reciclável dos RSS coletados.				
METAS						
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**		**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**		
1) Adequar procedimentos internos de gerenciamento.		2) Manter a destinação correta de RSS no município.		3) Manter a destinação correta de RSS no município.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
3.8.1	Manter a destinação correta do RSS	R$ 79.468,00	R$ 80.660,02	R$ 245.556,12	RP	Custo atual (SNIS) * correção monetária
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 79.468,00**	**R$ 80.660,02**	**R$ 245.556,12**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 405.684,14**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.18.9. Objetivo 9 – Reestruturar o Sistema Tarifário

Como apresentado na etapa de Diagnóstico, Paraibuna apresenta um déficit orçamentário em relação a gestão de seus resíduos, necessitando de uma reformulação em todo o sistema de tarifas e taxas a serem pagas para sustentabilidade do sistema.

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 9 com as suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 95 - Tabela Síntese do Objetivo 9.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
OBJETIVO	9	REESTRUTURAR O SISTEMA TARIFÁRIO
FUNDAMENTAÇÃO		O município de Paraibuna possuí déficit orçamentário em seu sistema de gerenciamento de resíduos sólidos e limpeza pública, demonstrando a urgência em adequar a realidade do município com as novas diretrizes da PNRS. É necessário que haja receita para que este segmento do Poder Público local possa ser mais independente financeiramente, propiciando desta forma, autonomia em suas tomadas de decisão. Alocando os seus recursos financeiros em melhorias para este setor. A criação de um sistema tarifário justo e eficiente para o município poderá melhorar a gestão dos resíduos sólidos e a limpeza pública.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Balanço financeiro do gerenciamento de resíduos sólidos e limpeza pública. Índice de inadimplência.

METAS		
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS	MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS	LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS
1) Implementar 1/6 da taxa de manejo de RS, a cada ano.	2) Implementar 1/6 da taxa de manejo de RS, a cada ano até o montante total; 3) Fiscalizar e manter os serviços de cobrança.	4) Atingir a autossuficiência financeira; 5) Fiscalizar e manter os serviços de cobrança.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

CÓDIGO	DESCRIÇÃO				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.11.1	Contratar empresa para elaborar a estrutura tarifária para os diferentes usuários do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos limpeza pública.	R$ 60.000,00			RP - FPU	Média de preço do mercado.
3.11.2	Implementar a taxa de manejo de resíduos sólidos progressivamente.	R$ 112.800,00	R$ 112.800,00	R$ 338.400,00	RP - AA	1 funcionário administrativo + sistema + gastos manutenção

3.11.3	Manter e atualizar periodicamente a taxa de manejo de resíduos sólidos.	R$ 15.600,00	R$ 15.600,00	R$ 31.200,00	RP - AA	1 Estagiário x 12 meses (Curto e médio prazo) x 24 meses (longo prazo) o restante manter com ações administrativas
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R$ 188.400,00	R$ 128.400,00	R$ 369.600,00	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 686.400,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.19. Análise Econômica

A tabela síntese a seguir mostra os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 96 - Totais dos valores estimados.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO				
SISTEMA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA				
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS (R$)				
OBJETIVOS				**TOTAL GERAL**
	CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**	
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	R$ 200.000,00	R$ 160.000,00	R$ 480.000,00	**R$ 840.000,00**
MANUTENÇÃO DA COLETA CONVENCIONAL E DESTINAÇÃO FINAL	R$ 0,00	R$ 0,00	R$ 0,00	**R$ 0,00**
IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DA COLETA SELETIVA DE RECICLÁVEIS	R$ 2.540.000,00	R$ 0,00	R$ 0,00	**R$ 2..000,00**
IMPLANTAR A GESTÃO DOS RESIDUOS ORGÂNICOS	R$ 426.200,00	R$ 0,00	R$ 0,00	**R$ 426.200,00**
ADEQUAR OS SERVIÇOS DE LIMPEZA PÚBLICA	R$ 100.000,00	R$ 0,00	R$ 0,00	**R$ 100.000,00**
GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS AGROSSILVOPASTORIS	R$ 21.000,00	R$ 0,00	R$ 0,00	**R$ 21.000,00**
FOMENTAR A RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS DA LOGÍSTICA REVERSA	R$ 131.000,00	-	-	**R$ 131.000,00**
APRIMORAR A GESTÃO DOS RSS	R$ 79.468,00	R$ 80.660,02	R$ 245.556,12	**R$ 405.684,14**
REESTRUTURAR O SISTEMA TARIFÁRIO	R$ 188.400,00	R$ 128.400,00	R$ 369.600,00	**R$ 686.400,00**
TOTAL GERAL	**R$ 3.686.068,00**	**R$ 369.060,02**	**R$ 1.095.156,12**	**R$ 5.150.287,14**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A figura a seguir ilustra o gráfico com a porcentagem de despesas por prazo de execução.

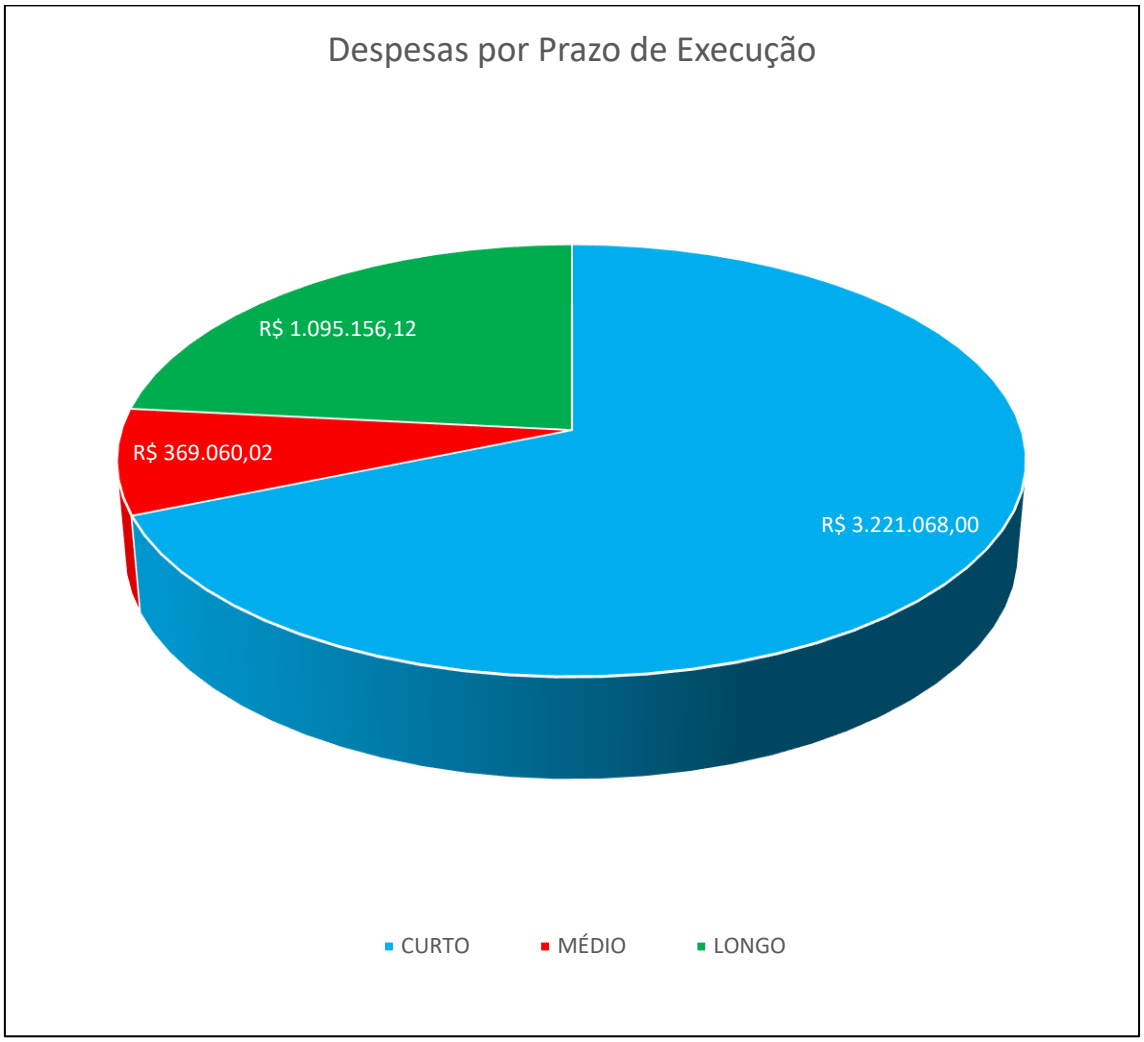


Figura 120 - Gráfico com as despesas por prazo de execução.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.4. Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais

As medidas de correção e/ou prevenção na rede de drenagem são classificadas de acordo com sua natureza como medidas estruturais e medidas não estruturais.

As medidas estruturais correspondem às obras que podem ser implantadas visando a correção ou prevenção dos problemas. Já as medidas não estruturais são aquelas em que se procura reduzir, danos ou consequências, não por meio de obras, mas pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos.

O sistema de drenagem urbana de Paraibuna enfrenta desafios significativos devido à sua geografia acidentada, caracterizada por altas declividades e a presença de morros. Essas condições naturais favorecem a ocorrência de alagamentos e enxurradas em períodos chuvosos, com impactos mais intensos nas áreas de influência urbana.

Nos últimos anos, foram registrados episódios frequentes de alagamentos e inundações ao longo do córrego Lava-pés, uma área crítica devido à proximidade com zonas densamente ocupadas, resultando em prejuízos consideráveis para os moradores e a infraestrutura local.

Diante dessa situação, foi realizado um estudo preliminar para a remoção e realocação dos moradores das áreas lindeiras ao curso hídrico, a fim de mitigar os riscos associados às enchentes. Além disso, o município está planejando intervenções de macrodrenagem para o córrego Lava-pés, com o objetivo de aumentar a capacidade de vazão e melhorar a segurança hídrica.

Estas obras serão detalhadas posteriormente, destacando as medidas de engenharia propostas para reduzir os impactos dos eventos pluviais sobre a população e a infraestrutura urbana.

3.4.1. Medidas Estruturais

3.4.1.1. Medidas de Controle para Redução do Assoreamento

Os impactos causados pela urbanização em um ambiente natural podem ser constatados a partir da análise do ciclo hidrológico. Qualquer meio natural tem sua forma determinada principalmente pela ação das águas, entre outros condicionantes físicos. As águas pluviais são dissipadas através da evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial.

Com o crescimento dos centros urbanos, todos estes processos são reduzidos drasticamente devido à impermeabilização do solo, com exceção do escoamento superficial, o qual tem seu tempo de concentração diminuído, causando graves reflexos nos cursos de drenagem natural, provocando erosão, assoreamento e enchentes (BARBOSA, 2006).

O assoreamento é o processo de degradação dos rios e cursos d'água em virtude do acúmulo de sedimentos em seu leito. O principal impacto ambiental desse problema é o acúmulo de bancos de areia nas áreas de drenagem das águas pluviais, gerando alterações no curso dos rios ou, em casos extremos, provocando a sua extinção ou redução substancial de sua vazão (PENA, 2021).

A principal causa do assoreamento de rios é a intensificação do processo de erosão do solo, ou seja, a remoção dos sedimentos na camada superficial com o seu posterior destino aos cursos d'água graças ao transporte realizado pelo escoamento da água das chuvas. Essa situação é originada ou agravada pelas práticas humanas, principalmente pela remoção da vegetação, que teria como função conter a produção de sedimentos por meio da proteção do solo e também dificultar a locomoção desses em direção aos rios e córregos.

O combate ao assoreamento é uma das principais medidas extensivas para evitar problemas com drenagem. O poder público em parceria com o governo encarregado precisa entender a necessidade de elaborar e arquitetar obras de controle da erosão do solo que resultem em meio certo para resolver o problema, sendo extensiva a toda área da bacia, sendo assim, conter o assoreamento ao longo dos rios / córregos.

Uma medida que pode ser utilizada é o reflorestamento ao longo da bacia que, além de combater a erosão, pode reduzir o impacto da chuva diretamente sobre o solo, o que aumentará o tempo de concentração da bacia e reduzirá os picos de cheias (BARBOSA, 2006).

O combate ao assoreamento só é totalmente efetivo mediante trabalhos preventivos que visem conter o desmatamento tanto na margem dos cursos d'água, onde ocorre a erosão fluvial de acordo com a Figura abaixo, como na bacia hidrográfica como um todo, de modo a atenuar a quantidade de sedimentos produzidos em períodos chuvosos (PENA,2021).

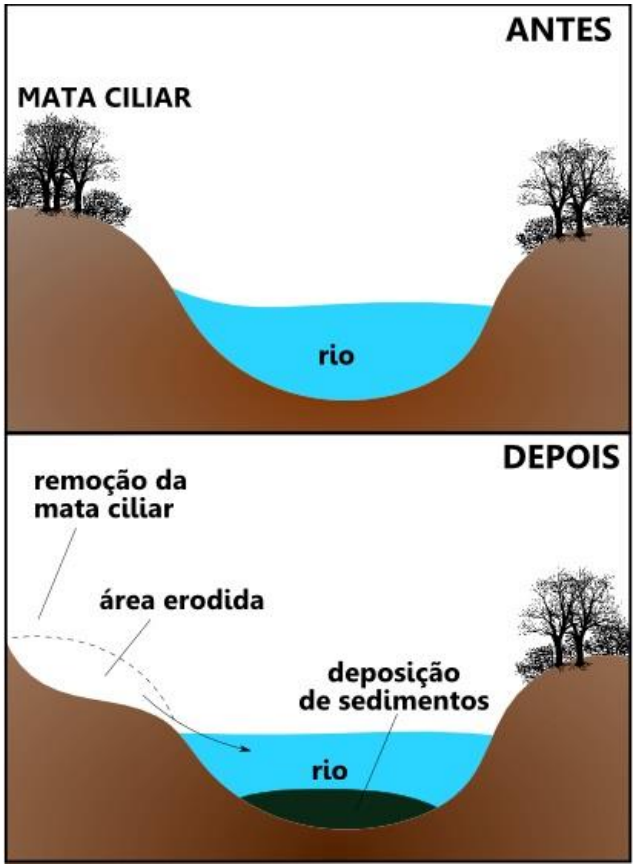


Figura 121 - Esquema do processo de assoreamento.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.4.1.2. Reservatórios e Bacias de Retenção ou Detenção

A utilização de reservatórios ou bacias de detenção e retenção é uma estratégia que evita picos de vazões de diferentes sub-bacias que se

sobreponham gerando picos resultantes superiores à capacidade de drenagem da calha dos talvegues e consequentemente acarretando inundações indesejadas.

Um grande diferencial da estratégia para controle de sistemas de macrodrenagem está justamente na locação dos reservatórios de detenção, onde se busca, na medida do possível, a utilização de barragens já existentes e áreas de planícies de inundação naturais em sub-bacias não urbanizadas, ou seja, áreas predominantemente rurais ou menos urbanizadas.

Estas características de projeto facilitam a viabilidade de sua implantação tanto do ponto de vista técnico-financeiro como do ponto de vista ambiental, pois aproveita áreas que já são periodicamente inundadas, evitando desapropriações em áreas urbanas e construções de estruturas hidráulicas complexas.

As bacias de detenção são reservatórios de armazenamento de curtos períodos, que reduzem as vazões de pico dos hidrogramas de cheias, aumentando seu tempo de base, tendo o potencial de produzir os seguintes benefícios: reduzir problemas de inundações localizadas, reduzir custos de sistemas de galerias de drenagem, melhorar a qualidade da água, minorar os problemas de erosão nos pequenos tributários, aumentar o tempo de resposta do escoamento superficial; melhorar as condições de reuso da água e recarga do aquífero; reduzir as vazões máximas de inundações à jusante.

De acordo com alguns autores citados em CANHOLI (1995), tais como, Walesh (1989), Urbonas (1991), Lazaro (1990) e Asce (1989), procuram diferenciar as obras de reservação entre bacias de detenção e retenção. As bacias de detenção são obras destinadas a armazenar os escoamentos de drenagem, normalmente secas durante as estiagens, mas projetadas para reter as águas superficiais apenas durante e após as chuvas.

As bacias de retenção são reservatórios de superfície que sempre contém um volume substancial de água permanente para servir as finalidades recreacionais, paisagísticas ou abastecimento. As bacias de sedimentação são reservatórios que possuem a função principal da retenção de sólidos em suspensão, detritos e absorver poluentes que são carreados pelos escoamentos superficiais (CANHOLI, 1995).

Portanto, uma das soluções para o problema de alagamento é a construção de praças, parques com reservatórios de detenção possuindo o bombeamento dessa água para o afluente mais próximo. A imagem abaixo mostra essa representação de recreações com reservatórios de detenção.

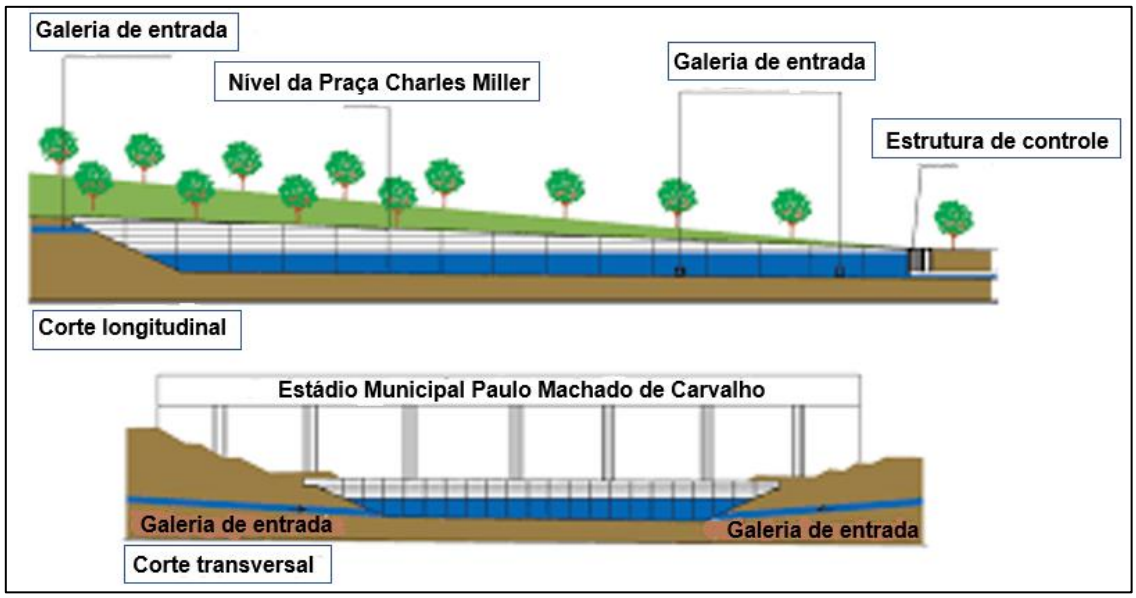


Figura 122 - Exemplo de reservatório subterrâneo com recreação na parte superior.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.4.1.3. Alargamento, Desassoreamento e Manutenção da Declividade dos Canais

Alguns canais que cortam o município de Paraibuna, principalmente ao longo do curso do Córrego Lava-pés, possuem taludes descobertos o que provoca um maior carreamento de partículas do solo e uma menor estabilidade dos mesmos. Estes canais podem estar em estado de avanço do processo de assoreamento.

Neste sentido, o plantio de vegetação na mata ciliar se torna de extrema importância. A vegetação como um todo, principalmente as raízes das plantas, fornecem maior agregação das porções de solo presentes nas margens dos corpos hídricos, aumentando a estrutura e sustentação do mesmo. Tal fato, justifica o plantio de indivíduos de preferência por espécies nativas da vegetação do local em questão.

Faz-se necessário o levantamento dos pontos específicos onde há áreas descobertas rentes aos rios que cortam o perímetro do município, e partir deste levantamento, traçar metas que visem o objetivo da recuperação dessas margens, como definir as espécies, o arranjo de plantio, tratamento e aquisição de materiais e mudas.

A aplicação da medida de plantio da vegetação na mata ciliar, reduz as chances da necessidade de outras medidas mais complexas, como o desassoreamento por maquinário dos corpos hídricos, o qual envolve um alto investimento financeiro e um esforço maior de trabalho.

Figura 123 - Exemplo de alargamento e desassoreamento.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.4.1.4. Recuperação de Matas Ciliares e APP’s

Uma das maneiras de mitigar os problemas de corpos hídricos, como assoreamento, erosão de margens, poluição das águas e dentre outras problemáticas, é a recuperação das matas ciliares de acordo com a legislação pertinente para APP, sendo a Lei n° 12.651/2012, que Dispõe Sobre a Proteção da Vegetação Nativa.

A recuperação deve se atentar para o estabelecido na referida lei quanto ao tamanho das faixas de proteção, a figura abaixo explicita a relação entre a largura do leito do rio e o tamanho da APP.

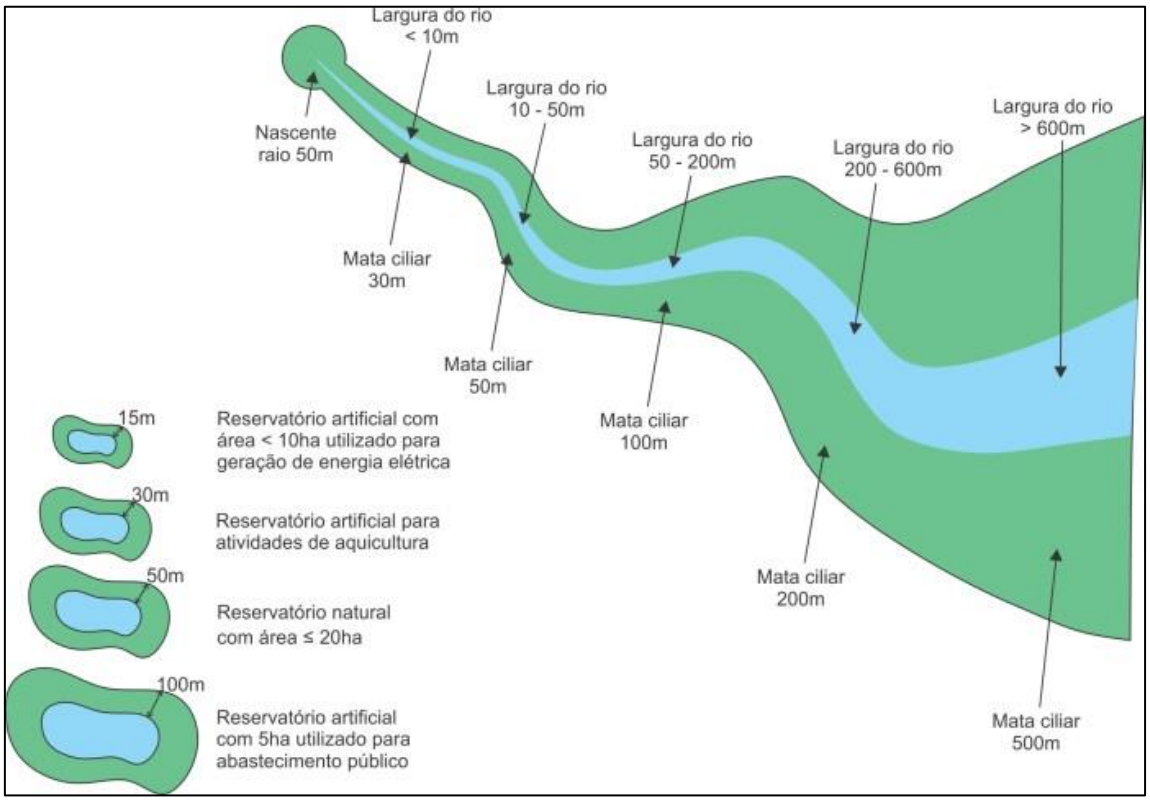


Figura 124 - Demonstração das faixas de APP's de acordo com o Código Florestal.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A recuperação deve ser feita com espécies nativas do bioma em que a bacia está inserida. Além disso, pressupor uma futura urbanização, e mais adiante, a possibilidade de criação de parques lineares para evitar a ocupação irregular nas planícies aluviais. As Áreas de Proteção Permanente – APP, dos demais cursos hídricos que cortam a malha urbana também devem ser recuperados, concomitantemente à implantação dos parques lineares, sempre respeitando a largura estabelecida em lei e a escolha de espécies nativas da região.

Em Paraibuna, conforme informações obtidas durante a visita técnica, foram identificadas ocupações irregulares ao longo de cursos d'água em áreas de influência urbana, com destaque para o córrego Lava-pés.

Estas áreas apresentam histórico de problemas relacionados a enchentes e inundações durante o período chuvoso. Já existe um estudo em andamento para a remoção dessas ocupações irregulares e a realocação dos moradores, visando reduzir os riscos associados e melhorar as condições de segurança e infraestrutura na região.

3.4.1.5. Utilização de Áreas Verdes para Controle Hidrológico

A implantação de áreas verdes de controle hidrológico é de importância significativa no controle da drenagem urbana, visando o equacionamento de problemas de inundações existentes no município bem como evitar a formação de novas áreas de risco.

Além disto, desempenham de maneira integrada as funções ecológicas na bacia, em especial a preservação de fauna e flora, através da formação de corredores ecológicos, a proteção da qualidade dos recursos hídricos, a formação de áreas verdes urbanas para prática de esportes, cultura e lazer, a melhoria da paisagem e ambiência urbana, contribuindo para o desenvolvimento sustentável municipal.

• Corredores Verdes

A ideia de "corredor verde" surgiu no final do século XX, buscando uma ecologia do campo. A sua função principal é a conexão dos diferentes elementos que compõem a paisagem, florestas, campos agrícolas, rios, estradas, etc., permitindo o fluxo de água, materiais, animais ou seres humanos, e favorecendo a existência de uma trama inter-relacionada. Equivalentemente, tem-se a aplicação deste conceito em cidades.

Corredores verdes oferecem possibilidades de conciliar múltiplos usos para o homem com o convívio cotidiano com áreas naturais, ou recuperadas. Por serem espaços abertos lineares, podem ser projetados ao longo de rios e córregos, lagos, brejos e áreas alagáveis, em linhas de cumeada e encostas, áreas que devem ser protegidas pela sua fragilidade e importância ecológica. Abaixo vemos exemplos de corredores verdes.

Figura 125 - Exemplo de Corredores Verdes.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Sendo assim, torna-se possível afirmar a importância dos corredores verdes no espaço urbano, pois além de valorizarem a paisagem urbana, contribuem para o conforto ambiental (minimizam o ruído e os efeitos da poluição do ar, além de ajudar a regular a umidade e a temperatura) e para a drenagem urbana é um plano que abrange a bacia de drenagem e deve ter um projeto holístico, multifuncional e estético adequado à paisagem local.

São ruas arborizadas, que integram o manejo de águas pluviais (com canteiros pluviais), reduzem o escoamento superficial durante o período das chuvas, diminuem a poluição difusa que é carreada de superfícies impermeabilizadas, possibilitam dar visibilidade aos processos hidrológicos e do funcionamento da infraestrutura verde.

• Biovaleta

As biovaletas, ou valetas de biorretenção vegetadas, “são semelhantes aos jardins de chuva, mas geralmente se referem a depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes, que processam uma limpeza da água da chuva”, sendo que nesta estrutura, ao mesmo tempo em que aumentam seu tempo de escoamento, dirigindo este para os jardins de chuva ou sistemas convencionais de retenção e detenção das águas pluviais.

As Biovaletas são depressões lineares com vegetação, que limpam a água de chuva, podendo ser amplamente aplicadas para tratar o escoamento

das estradas, parques de estacionamento, áreas residenciais, dentre outros, exemplo na figura.

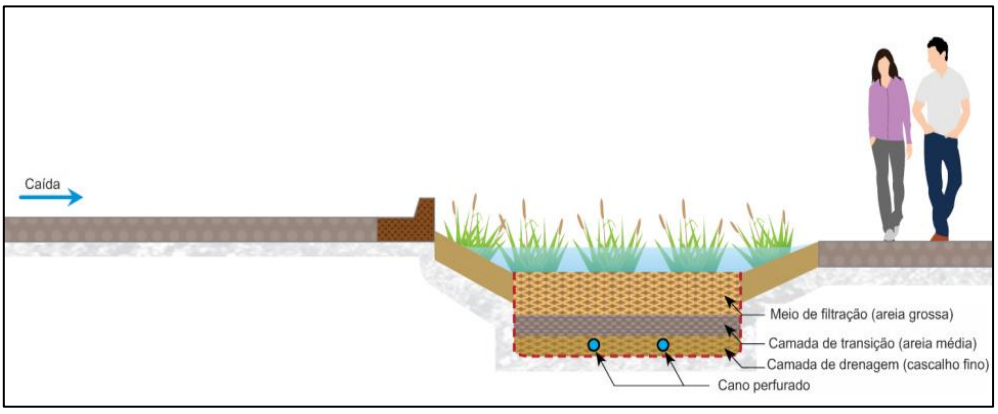


Figura 126 - Seção típica de valas de biorretenção.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

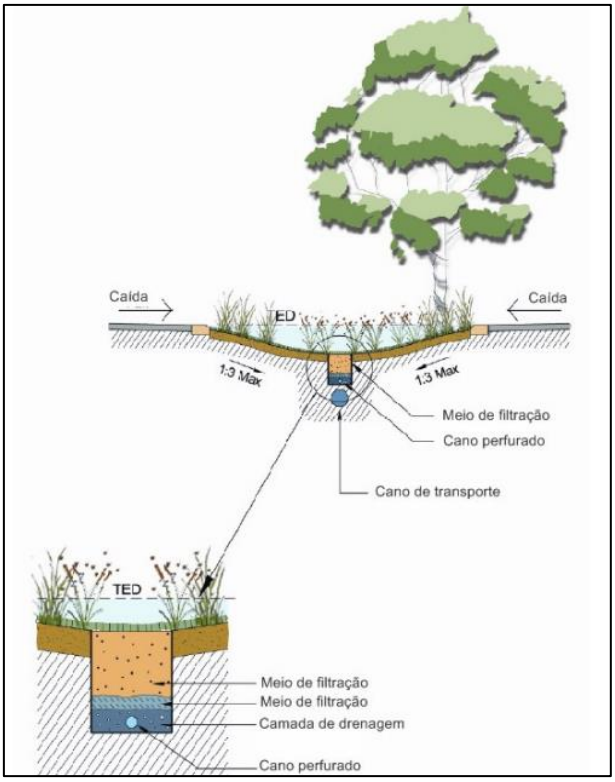


Figura 127 - Exemplo de Biovaletas.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Portanto, as biovaletas são uma alternativa que pode se tornar viável em cenários futuros em Paraibuna, sendo precedido de um estudo que vise o levantamento da localização das áreas onde seja realmente necessária essa

intervenção. A tipologia da infraestrutura verde ajuda a disciplinar as águas pluviais, assim como ajuda no processo de infiltração e limpeza de sedimentos tanto pelo dreno, como pelo processo natural de infiltração.

- Biótopos Purificadores

Os biótopos de limpeza exercem a função de detenção, sedimentação e absorção biológica. Biótopos de limpeza são uma forma de pântanos artificialmente construídos com recirculação. Eles consistem de substratos pobres em nutrientes que são implantados com plantas de pântanos que são conhecidas por sua capacidade de purificação. E pode ser uma maneira de direcionar esse fluxo para a bacia de detenção e enviar essas águas para uma macrodrenagem, canais ou rio mais próximos.

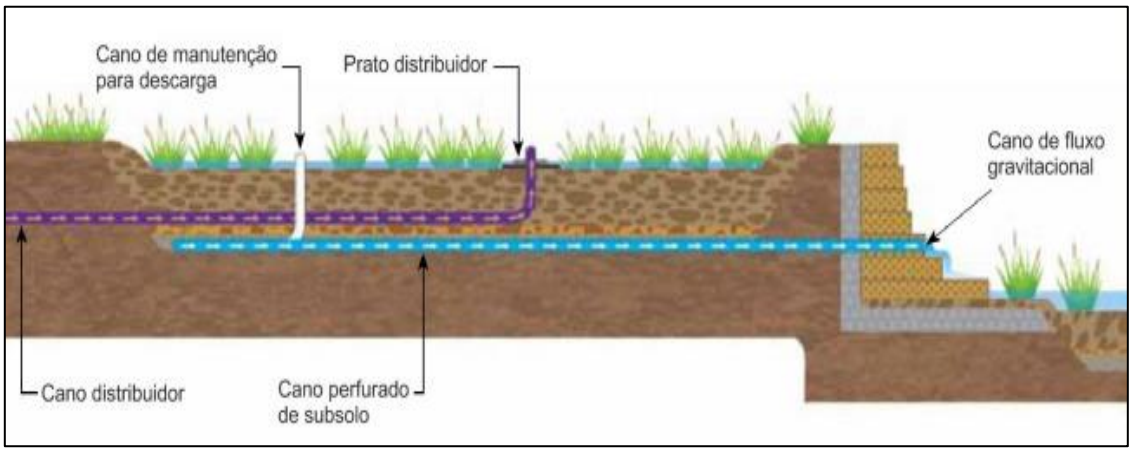


Figura 128 - Exemplo de Biótopos.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.4.1.6. Caixas de Expansão

Uma caixa de expansão é corretamente indicada para aquela área alagável destinada a exercitar um efeito de decapitação da onda de cheia que se propaga ao longo de um curso d'água. A função de uma caixa de expansão é similar à de um reservatório de laminação de cheia.

As caixas de expansão geralmente são executadas no pé da montanha ou na zona de planície, em série, em paralelo ou de modo misto a respeito ao

curso d’água. Muitas planícies funcionam como caixa de expansão naturais, pois no momento das enchentes elas são inundadas, armazenando grande volume d’água, que retorna ao rio principal quando as águas começam a baixar. Abaixo segue uma imagem para exemplificar.

Vale ressaltar que em Paraibuna, foi aprovado pelo DAEE e pela CETESB, o projeto de canalização do córrego Lava-pés por meio de gabião-caixa, sendo essa a alternativa mais eficaz identificada para ampliar a capacidade de vazão do trecho. Essa intervenção visa mitigar os frequentes casos de inundações e alagamentos registrados na região, melhorando a segurança e a infraestrutura local.

Figura 129 - Exemplo de Caixa de Expansão.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.4.1.7. Diques

Diques são barramentos ou muros laterais de terra ou de concreto, inclinados ou retos, construídos ao longo das margens do rio, de altura tal que contenham as vazões no canal principal a um valor limite estabelecido em projeto. Este tipo de obra assegura o controle completo das cheias que tenham o seu pico inferior ao limite estabelecido, mas nenhuma proteção para as vazões que ultrapassam tal limite, que passarão sobre tais muros.

Este tipo de obra é uma das mais antigas medidas estruturais de controle de cheias. Em geral esses diques ficam ao tempo, ficando sujeitos a água de chuva. Como o dique de contenção tem que ficar fechado para garantir que o vazamento (se houver) fique contido no dique, ele acaba enchendo de água de chuva. Para isso, os diques de contenção em geral possuem válvulas para realizar a drenagem.

Figura 130 - Exemplos de Diques.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.4.1.8. Diretrizes para o Controle de Escoamento na Fonte

As medidas de controle de escoamento pluvial na fonte vêm para possibilitar meios de otimizar a redução e retenção dos sistemas tradicionais de drenagem pluvial. Os sistemas tradicionais são conhecidos como os condutos e galerias pluviais enterradas, sarjetas, bocas-de-lobo, calhas coletoras de telhados e rios urbanos retificados ou enterrados.

As MCs (Best Management Procedures, BMP, em inglês) têm um objetivo mais amplo do que o controle quantitativo do escoamento pluvial, incorporando-se também o controle da poluição e dos sedimentos e lixo. As medidas são de dois tipos, dispositivos de armazenamento e dispositivos de infiltração.

Os dispositivos de armazenamento normalmente têm por objetivo primordial o retardo do escoamento pluvial para sua liberação defasada, e com

pico amortecido, ao seu destino, que pode até ser um ponto de captação de uma rede pluvial existente. Reservatórios residenciais em lotes, bacias de retenção e detenção nos loteamentos ou na macrodrenagem são exemplos típicos destes dispositivos de armazenamento.

Os dispositivos de infiltração, diferentemente dos de armazenamento, retiram água do sistema pluvial, promovendo sua absorção pelo solo para redução do escoamento pluvial. Portanto, uma das medidas de controle que mais se adaptariam a essa situação são, pavimentos porosos, trincheiras de infiltração, faixas e valas gramadas são alguns exemplos típicos de tais dispositivos, mais adequados às escalas do lote e do loteamento.

Segundo Nakamura (1988), dispositivos de infiltração, podem ser divididos em dois grupos, métodos dispersivos e métodos em poços. Os métodos dispersivos englobam os dispositivos pelos quais a água superficial se infiltra no solo. Já os métodos em poços são aqueles em que ocorre a recarga do nível subterrâneo pelas águas da superfície.

Os métodos dispersivos estão sujeitos a inevitável colmatação ao longo do tempo de sua vida útil e são recomendados para casos em que há maior disponibilidade de área para implantação. Os principais dispositivos dispersivos são descritos a seguir:

- Superfícies de infiltração: considerado o método mais simples para disposição no local, consiste em deixar que as águas superficiais percorram uma área coberta por vegetação. Em terrenos com subsolo argiloso ou pouco permeável pode-se instalar subdrenos para evitar acúmulo de água parada;
- Trincheiras de percolação: as trincheiras de percolação são construídas por meio do preenchimento de uma pequena vala com meio granular para infiltração e/ou detenção do escoamento superficial. Geralmente é instalada juntamente com manta geotêxtil de porosidade maior a do solo para promover o pré-tratamento da água infiltrada. Para fins de projeto, geralmente são dimensionadas com largura e profundidade de 1 a 2m e comprimento variável. O

material granular tem diâmetro aproximado de 40 a 60mm de forma que a porosidade resulte em pelo menos 30%;

- Valetas de infiltração abertas: constituem-se de valetas revestidas com vegetação, geralmente grama, adjacentes a ruas e estradas, ou próximas a áreas de estacionamento para facilitar a infiltração. Podem ou não ser complementadas por trincheiras de percolação ou alagados construídos, formando pequenos bolsões de retenção denominadas valetas úmidas. A vegetação promove a melhoria da qualidade da água e também ajuda a diminuir sua velocidade de escoamento. Para fins de projeto, são dimensionadas com largura de até 2m, margens com inclinação 3:1 e declividade longitudinal de 1%;
- Lagoas de infiltração: constituem-se de pequenas bacias de detenção especialmente projetadas que facilitam a infiltração pelo aumento do tempo de detenção. Possuem nível de água permanente e um volume de espera;
- Bacias de percolação: usadas desde a década de 70 para a disposição de águas de drenagem, as bacias de percolação são constituídas pela escavação de uma valeta preenchida com brita ou cascalho e posteriormente re-aterrada. O material granular promove a reservação temporária do escoamento, enquanto a percolação se processa lentamente para o subsolo. Para fins de projeto, são dimensionadas com uma profundidade de até 0,6m e grãos de dimensão de 0,5 a 1mm com uma razão mínima entre comprimento e largura de 2:1;
- Pavimentos porosos: também conhecidos como pavimentos permeáveis, constituem-se normalmente de pavimentos de asfalto ou concreto convencionais dos quais foram retiradas as partículas mais finas e construídos sobre camadas permeáveis, geralmente bases de material granular. Uma variação de pavimento poroso pode ser obtida com a implantação de elementos celulares de concreto sobre uma base granular. Para evitar a passagem de

partículas mais finas, usualmente coloca-se mantas geotêxtis entre a base e o pavimento;

- Poços de Infiltração: medida de detenção na fonte mais indicada quando a disponibilidade de área para implantação é baixa, geralmente quando a urbanização, já consolidada, não permite a utilização das medidas dispersivas para aumento de infiltração. Para serem eficientes, os poços devem ser instalados em locais onde a altura do lençol freático se encontre suficientemente baixa em relação a superfície do terreno e o subsolo possua camadas arenosas.

Figura 131 - Exemplos de Controle nas Fontes.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Em função da relevância dos reservatórios de detenção em lotes ou loteamentos urbanos como dispositivos de planejamento e controle de drenagem urbana, deve-se criar uma lei no município para que as residências tenham um reservatório que capta água da chuva, e reutilizem em descargas, para lavar o chão e regar as plantas. Esses reservatórios podem ser subterrâneos ou superficial como os exemplos na figura abaixo.

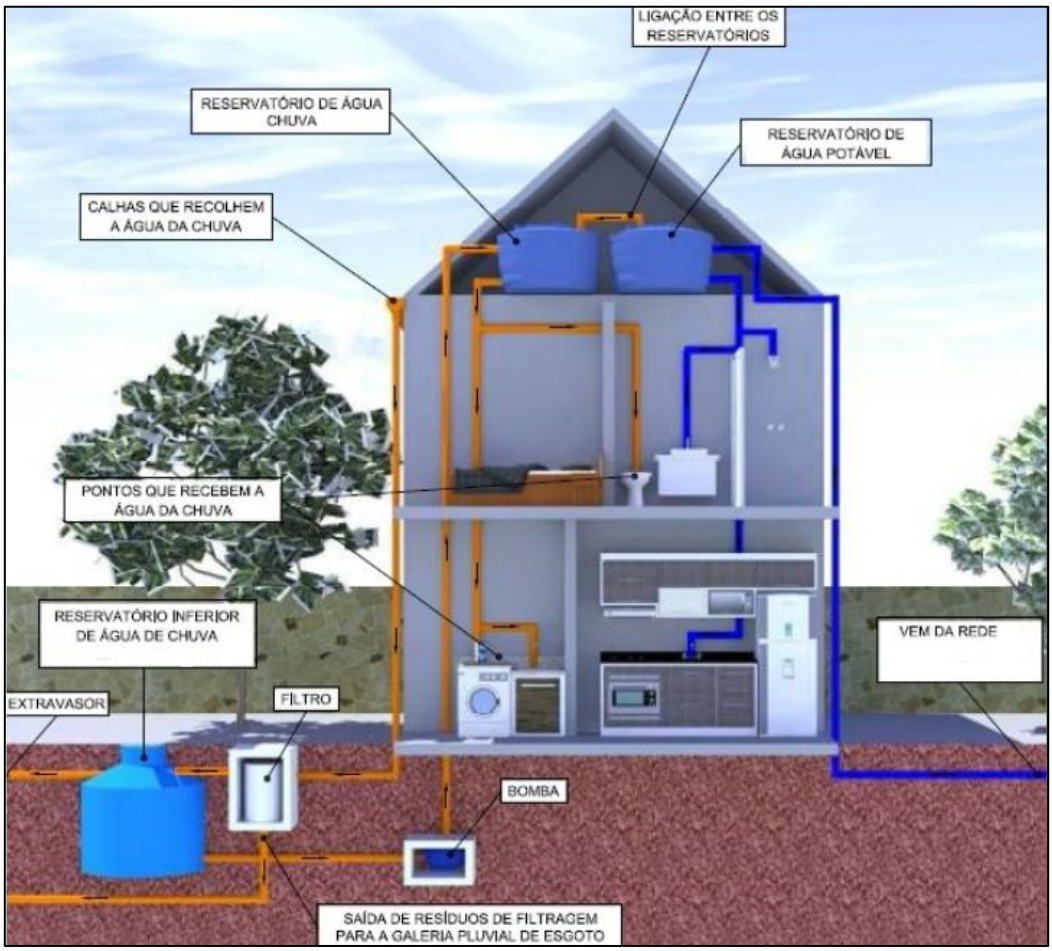


Figura 132 - Exemplos de reservatórios para água da chuva em imóveis residenciais.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.4.2. Medidas Não Estruturais

As medidas estruturais, geralmente, não são projetadas para fornecer uma proteção completa. Isto requer uma proteção contra a maior enchente possível. As medidas não-estruturais, juntas com as estruturais ou sozinhas, podem minimizar significativamente os danos com um menor custo.

As medidas não estruturais não utilizam instrumentos que alteram o regime de escoamento das águas do escoamento superficial direto. São formadas basicamente por soluções indiretas, como por exemplo, aquelas destinadas ao controle do uso e ocupação do solo (nas várzeas e nas bacias) ou à diminuição da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco das consequências das inundações.

Envolvem aspectos de natureza cultural e participação do público, indispensável para a implantação, com o investimento de recursos leve, baseado principalmente na conscientização e educação das pessoas. As medidas não-estruturais visam a melhor convivência da população com as enchentes e são de caráter preventivo.

3.4.2.1. Medidas de Controle para Reduzir o Lançamento de Resíduos nos Corpos D'água

Com a falta de investimento em saneamento básico, problemas no tratamento das águas, perda da vegetação nas margens de rios, além do descarte de resíduos feitos por empresas e o consumo exagerado de produtos plásticos, a recuperação das águas ao redor do mundo é um desafio muito maior do que imaginamos. Uma pesquisa feita pela Organização das Nações Unidas, em 2010, apontou que para cada mil litros de água utilizada pelo homem, há 10 mil litros de água que não estão em condições de uso por conta da poluição (BANDEIRA, 2018).

De acordo com Bandeira (2018), como boa parte da poluição hídrica acontece por falta de saneamento básico, um passo importante consiste em os governos municipais e federais criarem programas para fiscalizar serviços e também a água. Mas há pequenas ações que podem ajudar a diminuir a quantidade de resíduos em ambientes naturais como:

- Fiscalização de descarte incorreto de resíduos nos rios e córregos
- Ter lixeiras e placas de conscientização de descarte correto de lixo em locais como mananciais, lagos e cachoeiras etc;
- Programa de descarte correto de óleos de cozinha;
- Programa de detecção de ligações clandestinas de esgotos;
- Fiscalização de produtos tóxicos em processos químicos e agropecuários sem os filtros adequados.

3.4.2.2. Programas de Fiscalização de Despejo Irregular de Esgoto

Com a finalidade de preservar os canais de micro e macrodrenagem na área urbana central de Paraibuna, deve-se criar um programa de fiscalização para detectar o despejo irregular de esgotos domésticos. Além de comprometer a qualidade das águas drenadas, a presença de esgoto tende a assorear e diminuir a capacidade de escoamento dos canais. A degradação biológica natural dos dejetos também pode ocasionar mau cheiro e proliferação de vetores de pragas urbanas.

3.4.2.3. Regulamento do Uso da Terra

O zoneamento municipal é a definição de um conjunto de regras para a ocupação das áreas de maior risco de inundação, visando à minimização futura das perdas materiais e humanas em face das grandes cheias. Conclui-se daí, que o zoneamento urbano permitirá um desenvolvimento racional das áreas de inundação.

A regulamentação do uso das zonas de inundação apoia-se em mapas com demarcação de áreas de diferentes riscos e nos critérios de ocupação das mesmas, tanto quanto ao uso quanto aos aspectos construtivos. Para que esta regulamentação seja utilizada, beneficiando as comunidades, a mesma deve ser integrada à legislação municipal sobre loteamentos, construções e habitações, a fim de garantir a sua observância.

Sendo assim, o regulamento do uso da terra tem a finalidade de servir de base para a regulamentação da várzea de inundação, através dos planos diretores urbanos, permitindo às prefeituras a viabilização do seu controle efetivo.

O risco de ocorrência de inundação varia com a respectiva cota da várzea. As áreas mais baixas obviamente estão sujeitas a maior frequência de ocorrência de enchentes. Assim sendo, a delimitação das áreas do zoneamento depende das cotas altimétricas das áreas urbanas.

A regulamentação da ocupação de áreas urbanas é um processo iterativo, que passa por uma proposta técnica que é discutida pela comunidade antes de ser incorporada ao Plano Diretor da cidade. Portanto, não existem critérios rígidos aplicáveis a todas as cidades, mas sim recomendações básicas que podem ser seguidas em cada caso.

No que se refere ao município de Paraibuna, o caminho mais correto neste sentido é o de restringir construções nas áreas aluviais que não foram urbanizadas, recomendando-se, a recuperação das áreas de APP onde houver a ausência desta e a possibilidade, de criação dos Parques Lineares nos locais onde se pretende evitar a ocupação das planícies sujeitas à inundação.

3.4.2.4. Normatização para Contenção de Enchentes e Destinação de Águas Pluviais

Outra medida não estrutural extremamente eficiente é a restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários, bem como a exigência de telhados verdes e/ou reservatórios de acordo com o porte da obra. As técnicas de detenção na fonte já foram abordadas e devem ser incorporadas à legislação municipal, principalmente no que se refere ao código de obras e posturas municipal.

Exemplos de outros municípios brasileiros que obrigam a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 400m^2 (quatrocentos metros quadrados), com os seguintes objetivos:

I - Reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem;

II - Controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias e, consequentemente, a extensão dos prejuízos;

III - Contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada.

No caso de estacionamentos e similares, 30% (trinta por cento) da área total ocupada deve ser revestida com piso drenante ou reservado como área naturalmente permeável. A água contida nos reservatórios deverá:

• Infiltrar-se no solo, preferencialmente;
• Ser utilizada em finalidades não potáveis, caso as edificações tenham reservatório específico para essa finalidade.

O volume dos reservatórios, quando viável, deverá ser dimensionado de modo a manter as condições de infiltração e vazão do escoamento superficial o mais próximo possível dos naturais antes da implantação dos empreendimentos. Em Paraibuna, baseado nas experiências de Asce (1992) e Apud Porto (1995), faz-se necessário a captação e infiltração dos primeiros 10mm de precipitação para novas construções em lotes acima de 400m², reduzindo assim significativamente os picos de vazão a jusante nas bacias propensas à expansão da malha urbana.

Assim, o critério para a construção de caixas de retenção em cenários futuros, os quais deverão ser integrados nos projetos de drenagem de águas pluviais a serem desenvolvidos para cada empreendimento urbanístico, seria a capacidade de dez litros por metro quadrado impermeabilizado. No caso do sistema viário, quando da pavimentação das vias do município, sugere-se a implantação de uma caixa de retenção com 10 m³ para cada 1.000 m² de pavimento impermeável.

No caso de uma edificação em lote que impermeabilize 500 m^2, seria obrigatória, por parte do proprietário do lote, a implantação de uma caixa de retenção com volume de 5,0 m^3.

Já no caso onde ocorra uma impermeabilização no lote acima de 65% da área total, a área impermeabilizada adicional a este índice deverá ser compensada com o aumento do volume da caixa de retenção na ordem de 87 litros por metro quadrado de impermeabilização adicional. Tal valor se refere a 85% do volume de água de uma precipitação de 102,44 mm, com duas horas de duração, utilizada para a simulação hidrológica da bacia, quando somente a implantação de bacias de detenção seria suficiente para anular os impactos da urbanização com impermeabilização máxima no lote de 65%.

Dessa forma, em um lote de 500 m^2 onde o proprietário impermeabilize 450 m^2, ou seja, 90%, seria necessária a implantação de caixa de retenção com volume calculado abaixo:

Vcaixa de retenção (m^3) = (0,65 x Alote x 0,010) + (0,25 x Alote x 0,087)
Vcaixa de retenção (m^3) = (0,65 x 500 x 0,010) + (0,25 x 500 x 0,087)
Vcaixa de retenção (m^3) = (3,25) + (10,875)

Vcaixa de retenção = 14,13m^3

3.4.2.5. Educação Ambiental

Em geral a educação ambiental engloba todos os tópicos de infraestruturas de águas pluviais (drenagens) e deve ser implementada em todos os níveis educacionais, de forma interdisciplinar e holística, assegurando uma visão crítica dos indivíduos sobre seu papel na sociedade e na proteção do meio ambiente.

No que se refere especificamente à drenagem urbana, são necessárias ações tanto contínuas como pontuais de educação ambiental de forma a conscientizar e sensibilizar a população sobre o impacto de suas ações e escolhas no cenário municipal.

A abordagem deve adequar-se ao público e as ações devem extrapolar os ambientes formais de ensino, chegando a toda comunidade. Os principais temas de educação ambiental a serem abordados para os assuntos relacionados a drenagem urbana são:

- O ciclo da água;
- O conceito de bacia hidrográfica;
- Escoamento superficial;
- Impactos da urbanização no escoamento superficial;
- Importância dos canais naturais de drenagem;
- Função e importância das matas ciliares para a proteção dos cursos d’água;
- O papel do correto gerenciamento de resíduos sólidos para a drenagem urbana;
- A necessidade de se manter áreas permeáveis nos lotes comerciais e residenciais;

• Medidas de contenção e mitigação de escoamentos superficiais na fonte;

• Captação e utilização de águas pluviais.

3.4.2.6. Seguro Enchente

Os critérios tradicionais de segurabilidade são em geral os seguintes: Possibilidade de algo ser quantificado, aleatoriedade, condições e preços adequados ao risco. Com o decorrer do tempo, apesar de uma nova proporção assumida pelo risco, são as catástrofes provocadas por fenômenos naturais, como por exemplo, tempestades, enchentes e terremotos, que são responsáveis pelas maiores indenizações da indústria do seguro.

O seguro contra enchentes fornece proteção econômica para pessoas físicas ou jurídicas para eventuais perdas. Este seguro é uma medida preventiva viável para empreendimentos com alto valor agregado, no qual os proprietários possuem disponibilidade econômica de pagar o prêmio do seguro. Além disso, nem todas seguradoras estão dispostas a fazer o seguro contra enchentes caso não haja um sistema de resseguros para distribuição do risco.

No entanto, quando a população que ocupa a área de inundação é de baixa renda este tipo de medida torna-se inviável devido a incapacidade da população de pagar o prêmio, além do baixo valor da propriedade. Alguns bancos no Brasil, como a Caixa Econômica Federal, estão oferecendo seguros contra inundações e alagamentos para residências.

Em caso de inundação causada pelo transbordamento de um rio ou canal e a água danificar o imóvel, este estará segurado. A residência também estará protegida de alagamentos causados por agentes externos ao imóvel, por exemplo, chuva ou rupturas de canalizações não pertencentes ao imóvel segurado, nem ao edifício ou conjunto do qual o imóvel faça parte.

Não são cobertos por este seguro danos ao imóvel que sejam repetitivos, oriundos de vícios de construção, uso e desgaste do imóvel. Os sinistros decorrentes de inundação e/ou de alagamento, quando reincidentes e com características de repetitividade, receberão cobertura e indenização na primeira e na segunda ocorrência.

Na segunda ocorrência, reincidência de eventos, a Seguradora informará a necessidade de providências, que devem ser tomadas pelo proprietário para eliminar os fatores causadores de repetitividade. Caso ocorra outro sinistro, uma terceira ocorrência, no prazo de três anos a contar do primeiro evento, a indenização ficará suspensa até a eliminação do fator causador da repetitividade. No entanto, a ocorrência de chuvas intensas seguidas não é um evento raro.

No verão, a probabilidade de acontecer esta singularidade é maior. Segundo esta rede bancária, nos sinistros de danos físicos ao imóvel, não estão cobertos os danos provenientes de:

- Uso e desgaste – danos verificados exclusivamente em razão da utilização normal do imóvel ou do decurso do tempo, como os que afetam revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas, pintura, esquadrias, vidros, ferragens e pisos;
- Má conservação ou falta de manutenção, ou seja, falta de cuidados usuais visando o funcionamento normal do imóvel, como limpeza de calhas, tubulações de esgoto, entre outros;
- Atos dolosos do próprio segurado ou de quem o representar;
- Água de chuva ou neve, quando penetrando diretamente no interior do imóvel, pelas portas, janelas, vitrinas, claraboias, respiradouros ou ventiladores abertos ou defeituosos;
- Água de torneira ou registro, ainda que deixados abertos inadvertidamente;
- Infiltração de água ou outra substância líquida através de pisos, paredes e tetos, salvo quando consequente de riscos cobertos;
- Danos já existentes antes da contratação do seguro;
- Água oriunda de ruptura de encanamentos, pertencentes ao próprio imóvel segurado ou ao edifício ou conjunto do qual o imóvel faça parte (fatores internos);

- Trincas e fissuras no imóvel, sem ameaça de desmoronamento;
- Obras de melhorias no imóvel não comunicadas à seguradora antes da ocorrência de sinistro;
- Recuperação de qualquer dano não decorrente de sinistro;
- Móveis, utensílios e eletrodomésticos;
- Danos oriundos de vícios de construção (erro de cálculo, de projeto ou na execução da obra);
- Danos elétricos, salvo quando consequentes de riscos cobertos;
- Furacões, ciclones, erupções vulcânicas e outras convulsões da natureza;
- Riscos aparentes;
- Roubo ou furto;
- Obras de infraestrutura.

São observadas inúmeras inconsistências na listagem de não cobrimento do seguro apresentada pela rede bancária. Em relação ao item no que se refere a água de chuva penetrando pelas portas, não há menção se estas deverão ser vedadas ou devem ser tomados outros procedimentos.

Ainda no mesmo item, o termo “outras convulsões da natureza” não é um termo apropriado, além de não fornecer especificidade do evento. No último item, o termo “Obras de infraestrutura” deixa em aberto uma gama de possibilidades, necessitando de mais especificação em relação a este item.

Diante do exposto, conclui-se que o seguro enchente tem maior aplicabilidade para prédios públicos e comerciais de alto valor agregado, devendo a população e as residências de baixa renda serem assistidas pela defesa civil.

As precauções para evitar as enchentes devem ser mantidas e implementadas outras ações cabíveis para impedir o acontecimento deste evento desastroso, como a educação ambiental em relação aos resíduos dispostos em vias públicas, sendo este um dos principais fatores que levam as enchentes. Nesse sentido, é viável manter a recomendação do seguro enchente

para cenários futuros, considerando a projeção populacional e o ordenamento territorial.

3.4.2.7. Sistema de Alerta e Previsão de Inundações

O monitoramento em tempo real poderá propiciar para o Município de Paraibuna uma avaliação permanente da condição do sistema ou dos equipamentos do sistema de drenagem urbana. Este monitoramento constitui-se do estabelecimento de uma rede de transmissão de dados pluviométricos e fluviométricos às centrais de processamento e informação.

As estações automáticas pluviométricas e fluviométricas podem transmitir dados em tempo real mediante satélite ou via GPRS (Serviço de Rádio de Pacote Geral) e possibilitam o desenvolvimento de rotinas de previsão hidrometeorológica e de gerenciamento de contingências em tempo real, com mecanismos de supervisão à distância.

As informações obtidas pelo sistema de monitoramento em tempo real possibilitam a antecipação dos impactos devido à previsibilidade do conjunto de dados, a atuação em situações emergenciais de risco para controle de inundações e acionar os meios humanos e materiais de proteção a eventos extremos.

A automatização propiciada pelo monitoramento em tempo real também permite identificar imediatamente qualquer defeito ou falha no funcionamento dos equipamentos do sistema de drenagem, permitindo ao operador adotar as soluções possíveis.

A previsão e alerta de inundação compõe-se de aquisição de dados em tempo real, da transmissão de informações para um centro de análise, da previsão em tempo atual com modelo matemático e acoplada a um plano de contingências e de defesa civil que envolve ações individuais ou coletivas para reduzir as perdas durante as inundações. Um sistema de alerta de previsão em tempo real envolve os seguintes aspectos:

- Sistema de coleta e transmissão de informações do tempo e hidrológicas: Sistema de monitoramento por rede telemétrica, satélite ou radar e transmissão destas informações para o centro de previsão;
- Centro de Previsão: recepção e processamento de informações, modelo de previsão, avaliação e alerta;
- Defesa Civil: programas preventivos: educação, mapa de alerta, locais críticos; alerta aos sistemas públicos: escolas, hospitais, infraestrutura; alerta à população de risco, remoção e proteção à população atingida durante a emergência ou nas enchentes.

Na ocorrência de eventos chuvosos críticos, há Três níveis referentes ao sistema de alerta:

- Nível de acompanhamento: Nível onde existe um acompanhamento por parte da equipe técnica na evolução da enchente. A partir desse momento a Defesa Civil é alertada sobre a chegada de uma enchente. É iniciada então a previsão de níveis em tempo real;
- Nível de alerta: A partir deste nível é previsto que um nível futuro crítico será atingido dentro de um horizonte de tempo da previsão. Tanto a Defesa Civil como os administradores municipais passam a receber regularmente as previsões para a cidade e então a população recebe o alerta e as instruções da Defesa Civil;
- Nível de emergência: Neste nível ocorrem os prejuízos materiais e humanos. Essas informações são o nível real e previsto com antecedência, e o intervalo provável dos erros, obtidos dos modelos. A fase de mitigação consiste em medidas que devem ser executadas para diminuir o prejuízo da população quando a enchente ocorre, isolando ruas e áreas de risco, remoção da população, animais e proteção de locais onde haja interesse público.

Considerando as características topográficas, climáticas e hidrológicas do Município de Paraibuna, é viável e recomendável a instalação de sistemas de alertas. As condições acidentadas do terreno, aliadas aos regimes de chuvas intensas e a presença de cursos d'água em áreas de influência urbana, justificam a implementação de medidas para monitoramento e prevenção de desastres naturais.

A instalação de sistemas de alerta, como estações fluviométricas, pode auxiliar na detecção precoce de riscos de alagamentos e inundações, proporcionando maior segurança à população e permitindo ações de resposta mais rápidas e eficazes. Abaixo segue um exemplo de estação fluviométrica.

Figura 133 - Exemplo de estação Fluviométrica Automática.
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.4.2.8. Programa de Manutenção e Limpeza das Estruturas de Microdrenagem

Para garantir a eficiência e a eficácia dos dispositivos de microdrenagem, faz-se necessário manter essas estruturas limpas e desobstruídas, tanto de vegetação – que costuma crescer nos canais abertos – como de resíduos sólidos e partículas do solo carreadas com o escoamento superficial. Para tal, é necessária uma rotina de acompanhamento das condições das estruturas e dispositivos e uma equipe constituída de colaboradores para efetuarem a

limpeza de bueiros e trabalho de capina, além dos demais profissionais para realizar essa manutenção.

Sempre que uma não conformidade na malha de microdrenagem for identificada deve-se realizar um estudo de seu impacto na rede total e classificar a manutenção como urgente ou não-urgente. Essa classificação indicará se a manutenção deve ser feita a curto, médio ou longo prazo, dependendo da época do ano de sua ocorrência. Nos períodos chuvosos recomenda-se que os reparos sejam feitos sempre a curto prazo. O contrário acontece para os períodos de estiagem, quando a manutenção pode ser feita com um maior prazo de tempo.

Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto

De acordo com as informações obtidas durante a visita técnica, em Paraibuna não há um programa de fiscalização do despejo irregular de esgoto nas redes de drenagem, portanto, com a finalidade de preservar os canais de micro e macrodrenagem da rede, deve-se criar um programa de fiscalização para detectar o despejo irregular de esgotos domésticos nesses dispositivos. Além de comprometer a qualidade das águas drenadas, a presença de esgoto tende a assorear e diminuir a capacidade de escoamento dos canais.

A degradação biológica natural dos dejetos também pode ocasionar mau cheiro e proliferação de vetores de pragas urbanas.

3.4.3. Ações de Emergência e Contingência

Áreas com sistema de drenagem ineficiente, emissários e dissipadores de energia insuficientes, causam problemas como erosões, assoreamentos e alagamentos, comprometendo a qualidade deste serviço. Cabe a adoção de medidas de emergência e contingência para ocorrências atípicas.

Tabela 97 - Ações para emergências e contingências referentes a ocorrência de alagamentos, inundações e enchentes.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	**4**	**DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**
OBJETIVO	**1**	**ALTERNATIVAS PARA EVITAR ALAGAMENTOS LOCALIZADOS POR INEFICÊNCIA DO SISTEMA**
METAS	**Criar e implantar sistema de correção e manutenção das redes e ramais para resolução dos problemas críticos de alagamentos.**	

EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	**ORIGEM**	**AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA**
Alagamentos localizados.	Boca de lobo e ramal assoreado/entupido ou subdimensionado da rede existente.	Comunicar à Defesa Civil e ao Corpo de Bombeiros sobre o alagamento das áreas afetadas, acionar o socorro e desobstruir redes e ramais.
		Comunicar o alagamento à Prefeitura Municipal, responsável pela limpeza das áreas afetadas, para desobstrução das redes e ramais.
		Sensibilizar e mobilizar a comunidade através de iniciativas de educação ambiental como meio de evitar o lançamento de resíduos nas vias públicas e nos sistemas de drenagem.
	Deficiência no “engolimento” das bocas de lobo.	Promover estudo e verificação do sistema de drenagem existente para identificar e resolver problemas na rede e ramais de drenagem urbana (entupimento, estrangulamento, ligações clandestinas, etc.) (Departamento Municipal de Serviços Municipais).
	Deficiência ou inexistência de emissário.	Promover reestruturação/reforma/adaptação ou construção de emissários e dissipadores adequados nos pontos finais do sistema de drenagem urbana (Departamento Municipal de Serviços Municipais).
Inundações e enchentes	Transbordamento de rios, córregos ou canais de drenagem, devido à ineficiência do sistema de drenagem urbana.	Identificar a intensidade do fenômeno e comunicar a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros sobre o alagamento das áreas afetadas, acionar o socorro e desobstruir redes e ramais. Comunicar o Departamento de Assistência Social para que sejam mobilizadas as equipes necessárias e a formação dos abrigos, quando necessários.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 98 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO			
SETOR	**4**	**DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**	
OBJETIVO	**2**	**ALTERNATIVAS PARA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS COM PROCESSOS EROSIVOS PROVENIENTES DA INEFICIÊNCIA DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA**	
METAS	**Criar e implantar sistema de controle e recuperação de processos erosivos.**		
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS			
OCORRÊNCIA		**ORIGEM**	**AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA**
Processos erosivos.		Inexistência ou ineficiência de rede de drenagem urbana.	Elaborar e implantar projetos de drenagem urbana, iniciando pelas áreas, bairros e loteamentos mais afetados por processos erosivos.
		Inexistência ou ineficiência de emissário e dissipadores de energia.	Recuperar e readequar os emissários e dissipadores de energia existentes.
			Recompor APP dos principais cursos hídricos, principalmente dos que recebem água do sistema de drenagem urbana.
		Inexistência de APP/áreas desprotegidas.	Ampliar a fiscalização e o monitoramento das áreas de recomposição de APP.
			Executar obras de contenção de taludes.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 99 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	**4**	**DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**
OBJETIVO	**3**	**ALTERNATIVAS PARA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS de LIMPEZA E MAU CHEIRO PROVENIENTE DOS SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA**
METAS	**Ampliar o sistema de fiscalização, manutenção e limpeza do sistema de drenagem urbana (boca de lobo, ramais, redes).**	

EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	**ORIGEM**	**AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA**
Limpeza e mau cheiro dos sistemas de drenagem do município	Interligação clandestina de esgoto nas galerias pluviais.	Comunicar à Prefeitura Municipal e o CAEPA sobre a possibilidade da existência de ligações clandestinas de esgoto na rede de drenagem urbana (para sistemas separadores) para posterior detecção do ponto de lançamento, regularização da ocorrência e aplicação de penalidades.
	Resíduos lançados nas bocas de lobo.	
	Ineficiência da limpeza das bocas de lobo.	Sensibilizar e mobilizar a comunidade através de iniciativas de educação ambiental como meio de evitar o lançamento de resíduos nas vias públicas e nos sistemas de drenagem.
		Ampliar a frequência de limpeza e manutenção das bocas de lobo, ramais e redes de drenagem urbana.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.4.4. Objetivos, Programas, Projetos e Ações

O dimensionamento incorreto associados a falta de manutenção e limpeza dos dispositivos causam problemas no sistema de drenagem urbana, situação diretamente relacionada com a fase de projeto destes dispositivos. A eficiência destes projetos depende principalmente dos dados utilizados nos cálculos, portanto, é preciso atualizar com precisão estes valores utilizados nos projetos.

Uma forma de amenizar a maioria dos problemas na drenagem das águas pluviais urbanas é realizar o controle das águas na fonte, ou seja, criar mecanismos para que os lotes ou loteamentos realizem a retenção das águas que precipitam em suas áreas para que a contribuição a montante não aumente, assim, os dispositivos já construídos não sofreriam sobrecarga e a água retida poderia ser utilizada para fins não potáveis, além disso, deve-se realizar a recuperação, revitalização e criação de áreas verdes urbanas, como fundos de vales, parques e praças como forma de amenizar os problemas da drenagem urbana.

Mais específico para a realidade observada em Paraibuna, será proposto a continuação das obras de canalização no córrego Lava-Pés, este responsável por inúmeros casos de inundações nas áreas limítrofes ao córrego em períodos de muita chuva.

Para o eficiente funcionamento do sistema de drenagem, sugere-se a criação de uma taxa de drenagem urbana, precedida de estudos detalhados e discussão com a comunidade.

3.4.4.1. Objetivo 1 – Mapeamento, Digitalização e Georreferenciamento do Sistema de Drenagem do Município

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 1, suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realizá-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 100 - Tabela síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	**4**	**DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**					
OBJETIVO	**1**	**MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM**					
FUNDAMENTAÇÃO		Para um bom funcionamento das redes de drenagem se faz necessário a criação do mapeamento das áreas, digitalização dos projetos em meios físicos existentes e o georreferenciamento de todo o sistema de drenagem urbana municipal. em Paraibuna não há o cadastramento da rede e dispositivos de drenagem, sendo observado também uma necessidade de melhorar as informações capazes de formular os indicadores necessários para apresentar a evolução e a qualidade dos serviços prestados.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Será o índice de área atendida por sistema de drenagem e com projeto digitalizado e georreferenciado, o qual corresponde ao percentual da área atendida, pelo sistema e com projeto digitalizado e georreferenciado, em relação à área total atendida pelo sistema de drenagem urbana.					
METAS							
CURTO PRAZO - 1 A 4 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**			**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**		
1) Atualizar o mapeamento e o cadastramento		2) Alimentação do banco de dados.			3) Alimentação do banco de dados.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**	
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**			
4.1.1	Atualização do mapeamento e cadastramento e Manutenção do Banco de Dados.	R$ 33.600,00	R$ 33.600,00	R$ 100.800,00	RP	R$8.400 ano	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 33.600,00**	**R$ 33.600,00**	**R$ 100.800,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 168.000,00**	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.

3.4.4.2. Objetivo 2 – Implementar Ações Não-Estruturais que Minimizem os Problemas no Sistema de Drenagem Urbana

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 2, suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 101 - Tabela síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA – PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	**4**	**DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**
OBJETIVO	**2**	**IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA**
FUNDAMENTAÇÃO		As medidas não estruturais englobam um conjunto de instrumentos definidos como soluções indiretas, destinadas ao controle do uso e ocupação do solo ou à diminuição da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco como consequência das inundações. Envolvem aspectos de natureza cultural e participação do público, indispensável para implantação. É baseado principalmente na conscientização e educação da população.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação da implementação da ação.

METAS		
CURTO PRAZO - 1 A 4 ANOS	**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**	**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**
1) Elaboração de Políticas de Planejamento Urbano que regulamentem o uso da terra, restringindo a ocupação nas áreas aluviais que ainda não foram urbanizadas. 2) Normatização para contenção de enchentes; 3) Programa de manutenção e limpeza da microdrenagem. 4) Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto.	5) Aplicação de Políticas de Planejamento Urbano ordenando a expansão urbana. 6) Aplicação de normas que visem a restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários. 7) Fiscalizar e manter um cronograma de manutenção e limpeza da microdrenagem. 8) Fiscalização de despejo irregular de esgoto.	9) Fiscalização da eficiência da aplicação de Políticas de Planejamento Urbano ordenando a expansão urbana. 10) Fiscalização da eficiência da aplicação de normas que visem a restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		

4.2.1	Criação de normas para restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários, bem como a exigência de telhados verdes e/ou reservatórios de acordo com o porte da obra. Tais práticas devem ser incorporadas à legislação municipal, garantindo sua aplicabilidade.	R$ 50.000,00			AA - RP	Média do Custo
4.2.2	Elaboração de Políticas de Planejamento Urbano, regulamentando o uso das zonas de inundação, permitindo um desenvolvimento racional dessas áreas.	R$ 50.000,00			AA - RP	Média do Custo
4.2.3	Implantação de um Programa de manutenção e limpeza das estruturas de microdrenagem, garantindo a eficiência e eficácia desses dispositivos.	R$ 40.000,00	R$ 40.000,00	R$ 120.000,00	AA - RP	10.000 ano
4.2.4	Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto, com a finalidade de preservar os canais de micro e macrodrenagem, além da qualidade dos corpos hídricos.	R$ 110.400,00	R$ 110.400,00	R$ 331.200,00	AA - RP	1 Fiscal para monitoramento (R$ 2.300 mês)
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 250.400,00**	**R$ 150.400,00**	**R$ 451.200,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 852.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.

3.4.4.3. Objetivo 3 – Implementar Medidas Estruturais que Minimizem os Problemas de Drenagem Urbana

No que se refere ao município de Paraibuna em sua atualidade, são necessários investimentos em medidas estruturais a fim de evitar problemas causados por águas pluviais, sendo o principal ponto de atenção dado ao córrego Lava-pés, responsável por episódios de inundações e alagamentos ao longo dos anos.

Segundo informações da Prefeitura Municipal, o projeto de canalização do córrego por meio de gabião-caixa já foi aprovado pelos órgãos competentes, como o DAEE e a CETESB, com o objetivo de aumentar a capacidade de vazão do curso d'água. Parte inicial da obra já foi viabilizada através de financiamento feito por um munícipe, que deu início às intervenções na área lindeira à sua propriedade devido a problemas recorrentes com inundações causadas por fortes chuvas. Diante disso, o município deve buscar dar continuidade à canalização para abranger o restante do córrego, especialmente na área de influência urbana central, visando mitigar riscos e melhorar a infraestrutura local.

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 3, suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realizá-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 102 - Tabela Síntese do Objetivo 3.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO						
SETOR	**4**	**DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**				
OBJETIVO	**3**	**IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA**				
FUNDAMENTAÇÃO		No que se refere ao município de Paraibuna em sua atualidade, são necessários investimentos em medidas estruturais a fim de evitar problemas causados por águas pluviais, sendo o principal ponto de atenção dado ao córrego Lava-pés, responsável por episódios de inundações e alagamentos ao longo dos anos.				
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação da implementação da ação.				
METAS						
CURTO PRAZO - 1 A 4 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**		**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**		
1) Continuação do projeto de canalização do córrego Lava-pés por gabião caixa; 2) Implementação de projeto para melhorias das vias de acesso as comunidades;		3) Continuação do projeto de canalização do córrego Lava-pés por gabião caixa; 4) Continuação do projeto para melhorias das vias de acesso as comunidades;		5) Continuação do projeto para melhorias das vias de acesso as comunidades;		
OBJETIVO						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
4.3.1	Projetos com PPP (Parcerias Público Privadas) para melhorias das vias de acesso as comunidades.	R$ 500.000,00	R$ 500.000,00	R$ 320.000,00	PPP	Preço médio de mercado.

4.3.2	Continuação do projeto de canalização do trecho de influência na área urbana central do Córrego Lava-pés por gabião-caixa a partir de recursos provenientes de financiamento público	-	-		RP - FPU - FPR	
4.3.3	Projeto de readequação dos dispositivos de microdrenagem na Rua Coronel Francisco Tobias das Neves (Monsenhor Dutra).	-	-		RP - FPU - FPR	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R$ 500.000,00	R$ 500.000,00	R$ 320.000,00	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 1.320.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa; PPP – Parceria Público Privada.

3.4.4.4. Objetivo 4 – Controle de Águas Pluviais na Fonte

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 4, suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realizá-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 103 - Tabela Síntese do Objetivo 4.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO						
SETOR	**4**	**DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**				
OBJETIVO	**4**	**CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)**				
FUNDAMENTAÇÃO		Uma forma de amenizar a maioria dos problemas na drenagem das águas pluviais urbanas é realizar o controle das águas na fonte, ou seja, criar mecanismos para que os lotes ou loteamentos realizem a retenção das águas que precipitam em suas áreas para que a contribuição a jusante não aumente, assim, os dispositivos já construídos não sofreriam sobrecarga e a água retida poderia ser utilizada para fins não potáveis. Assim, o município deve realizar tal controle nos prédios públicos, assim como, fiscalizar a execução dos novos projetos de edificações em lotes e loteamentos particulares, conforme consta na legislação proposta pelo Plano.				
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Será o índice de empreendimentos públicos que realizam controle das águas pluviais na fonte, o qual corresponde ao número de empreendimentos públicos que realizam o controle das águas pluviais na fonte em relação, ao número total de empreendimentos públicos.				
METAS						
CURTO PRAZO - 1 A 4 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**		**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**		
1) Elaborar legislação que regulamente o controle das águas pluviais na fonte para prédios públicos e novos empreendimentos (loteamentos). Deverá também realizar campanhas para orientar e estimular o armazenamento da água da chuva.		2) Fiscalização dos Lotes e Atualização da Planta Genérica de Cadastro e atingir 100% dos prédios públicos e empreendimentos com dispositivos de captação das águas da chuva.		3) Fiscalização dos Lotes e Atualização da Planta Genérica de Cadastro dos prédios públicos e empreendimentos com dispositivos de captação das águas da chuva.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		

4.4.1	Elaborar projetos de lei e ações para que todos os empreendimentos públicos, privados, e lotes residenciais realizem o controle e reutilização das águas pluviais na fonte, além da priorização de uso de calçadas ecológicas e beneficiamento tributário (IPTU) para proprietários que aderirem à ação.	R$ 40.000,00			AA - RP	R$ 10.000 por ano
4.4.2	Fiscalização dos lotes urbanos beneficiados para aferir os índices de permeabilidade do solo. Realizar juntamente com a atualização da Planta Genérica de Valores. - a cada 4 anos.	-	-	-	AA - RP	Utilizar mesmo fiscal da tabela anterior
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 40.000,00**			**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 40.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.

3.4.4.5. Objetivo 5 – Implantação da Taxa de Drenagem

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 5, suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realizá-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 104 - Tabela Síntese do Objetivo 5.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO						
SETOR	**4**	**DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**				
OBJETIVO	**5**	**IMPLANTAÇÃO DA TAXA DE DRENAGEM**				
FUNDAMENTAÇÃO		A definição adequada da taxa possibilita que esta cumpra algumas funções, o que depende do objetivo a ser alcançado com a receita aferida. Na ausência de informações precisas sobre a demanda dos serviços de drenagem e sem experiências de medição do consumo individual e a sua cobrança, deve definir-se uma taxa equivalente ao custo médio de produção, priorizando o financiamento do sistema. Como o sistema de drenagem urbana foi concebido para controlar o escoamento pluvial excedente, decorrente da impermeabilização do solo, parece aceitável que a cobrança pelo serviço incida sobre a área impermeável da propriedade. Diante das deficiências atuais, sugere-se a regularização da qualidade do serviço, mediante cumprimento das ações anteriores para se iniciar a discussão sobre a cobrança.				
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação da implementação da ação.				
METAS						
CURTO PRAZO - 1 A 4 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**		**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**		
1) Realizar estudos e elaborar um projeto para a implementação da taxa de drenagem no município. 2) Realizar debates com a população para a definição da taxa de drenagem urbana.		3) Implantar a taxa de drenagem.		4) Fiscalizar.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
4.5.1	Contratar empresa para elaborar o projeto e a realização dos estudos para a implementação da taxa de drenagem	R$ 50.000,00			RP - AA	Média do custo

4.5.2	Implantar a taxa de drenagem.	R$ 112.800,00	R$ 112.800,00	R$ 338.400,00	RP - AA	1 funcionário administrativo + sistema + gastos manutenção
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 162.800,00**	**R$ 112.800,00**	**R$ 338.400,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 614.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.

3.4.5. Análise Econômica

A tabela síntese a seguir mostra os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 105 - Totais dos Valores Estimados.

MUNICÍPIO DE PARAIBUNA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
SETOR	**4**	**DRENAGEM URBANA E O MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS**			
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS (R$)					
OBJETIVOS		**PRAZOS**			**TOTAL GERAL**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**	
MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO		R$ 33.600,00	R$ 33.600,00	R$ 100.800,00	**R$ 168.000,00**
IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA		R$ 500.000,00	R$ 500.000,00	R$ 320.000,00	**R$ 1.320.000,00**
IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA		R$ 250.400,00	R$ 150.400,00	R$ 451.200,00	**R$ 852.000,00**
CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)		R$ 40.000,00			**R$ 40.000,00**
CRIAÇÃO DE TAXA DE DRENAGEM		R$ 162.800,00	R$ 112.800,00	R$ 338.400,00	**R$ 614.000,00**
TOTAL GERAL		**R$ 986.800,00**	**R$ 796.800,00**	**R$ 1.210.400,00**	**R$ 2.994.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A figura a seguir ilustra o gráfico com a porcentagem de despesas por prazo de execução.

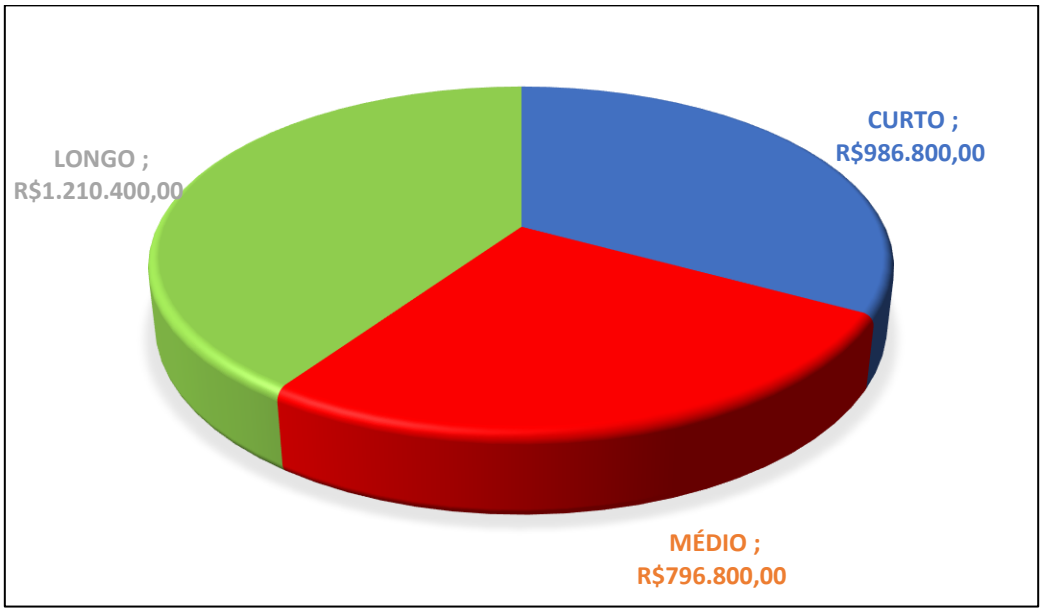


Figura 134 - Despesas por prazo de execução.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

4. FONTES DE FINANCIAMENTO

Para fixação dos valores estimados para cada ação foram realizadas diversas consultas junto a fornecedores, prefeituras que estão implementando projetos e executando obras semelhantes, e, no caso dos produtos, máquinas, veículos, equipamentos, softwares, etc., em publicações especializadas. Entretanto, estes valores serão utilizados considerando realidade econômica e de mercado atual (2020), o que exigirá da administração municipal atualização e adaptação dos custos conforme detalhamentos em projetos específicos elaborados e implantados no devido tempo.

A identificação de algumas das possíveis fontes de financiamento por si só não garante a obtenção dos recursos, devendo vir acompanhada de projetos específicos, gestão administrativa e política para a concretização de financiamentos.

Algumas das metas e ações, muitas vezes, independem de recursos adicionais, sendo desenvolvidas com a estrutura física, humana e financeira do Município ou seus órgãos. Sendo assim, foram traçadas também, algumas ações de caráter institucional que buscam a mobilização do Poder Público e sociedade em torno de causas importantes para a universalização dos serviços de saneamento básico com qualidade e eficiência.

Existem recursos públicos e privados. Os públicos são oriundos de órgãos governamentais, são os fundos municipais, estaduais, federais e de governos internacionais. O acesso a esse tipo de recurso ocorre por meio de concorrências ou editais públicos, apresentando projetos em épocas específicas para serem avaliados e potencialmente selecionados, e também por meio do contato direto com os órgãos e as instâncias responsáveis por cada tipo de recurso.

Em todos esses níveis os financiamentos podem ser classificados como voluntários, quando fazem parte do orçamento público, ou compulsórios, quando são recursos captados e destinados obrigatoriamente a determinados fins.

Podemos citar alguns exemplos de negociações possíveis para se realizar como linhas de crédito: empréstimos oferecidos por agentes financeiros, com juros menores que os de mercado; Incentivos fiscais: oferecidos à iniciativa privada pelo governo sob a forma de dedução de impostos, apresentam-se como benefício fiscal; Recursos a fundo perdido, cuja oferta possui critérios

preestabelecidos e são despendidos sem necessidade de reembolso à instituição financiadora, alocados nos fundos nacionais, estaduais e municipais.

Os recursos privados são originários de diversas instituições, como associações, empresas, fundações e bancos. Normalmente, estas instituições possuem modelos específicos para apresentação de projetos e linhas de financiamento bem definidas como diversas empresas que dispõem de linhas de financiamento para projetos, diversas associações que fazem doações ou financiamentos para o desenvolvimento de projetos em sua área de atuação, sendo fortes fontes de parcerias, as fundações que são instituições, nacionais ou estrangeiras, que têm como propósito executar ou financiar projetos sociais, ambientais e culturais, alguns bancos, nacionais e internacionais, oferecem financiamento a fundo perdido para o desenvolvimento de projetos socioambientais e socioculturais.

Diante das limitações dos recursos por parte dos municípios e considerando que são altos os investimentos necessários para a implantação do Plano, neste item são apresentadas algumas fontes de recursos financeiros às quais o município pode recorrer.

4.1. Recursos Ordinários

Os municípios dispõem de recursos ordinários decorrentes de impostos descritos a seguir:

- IPTU - Imposto Predial Territorial Urbano;
- ISSQN – Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza;
- ITBI – Imposto sobre a Transmissão Onerosa de Bens Imóveis;
- ICMS – Repasse do Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação;
- FPM – Fundo de Participação do Municípios;
- ITR – Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural.

Esses recursos são empregados para financiar projetos de infraestrutura, que poderiam incluir obras de melhoria na área de saneamento e gestão de resíduos. No entanto, esses recursos são de caráter obrigatório, e os municípios terão acesso a eles mesmo se não corresponder as condições estabelecidas pela PNRS.

4.2. Recursos Extraordinários

A construção e aprovação deste Plano pelo município, nos termos previstos pela PNRS, autoriza o acesso a recursos extraordinários da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados aos resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

Sendo assim, é importante saber os meios que se tem disponíveis para financiamento da gestão dos resíduos sólidos. Em seguida os subitens apresentam algumas alternativas de recursos extraordinários existentes.

4.3. Programas de Financiamento Reembolsáveis

4.3.1. Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDES

Uma das principais finalidades do BNDES é apoiar o desenvolvimento local por meio de parcerias estabelecidas com governos estaduais e prefeituras, viabilizando e implementando os investimentos necessários.

As instâncias de governo podem solicitar financiamentos a projetos de investimentos, aquisição de equipamentos e exportação de bens e serviços. Esse tipo de financiamento é reembolsável. Quando requerido pelo município, é necessário que na lei orçamentária esteja contida a previsão do pagamento do valor do empréstimo, bem como haja a permissão para a assunção da dívida em nome do município.

4.3.2. Banco do Brasil - BB

Seguindo a mesma estratégia do BNDES, o Banco do Brasil proporciona financiamentos para a aquisição de máquinas, equipamentos novos e insumos. Tais financiamentos só podem ser requeridos por sociedades empresariais (micro, pequenas e médias empresas) ou por associações e cooperativas.

4.3.3. Caixa Econômica Federal - CAIXA

A Caixa Econômica Federal, firmou juntamente com o governo federal, um acordo referente a linhas de crédito para financiar a elaboração de planos estaduais e municipais de resíduos sólidos. Logo irá colaborar com a profissionalização de cooperativas de catadores.

Portanto, o financiamento pode ser requerido tanto por Estados, Municípios e os demais atores da PNRS, como é o caso dos catadores e das cooperativas que atuem com reciclagem.

4.3.4. Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID

O BID propicia o desenvolvimento econômico, social e sustentável na América Latina e no Caribe mediante suas operações de crédito, liderança em iniciativas regionais, pesquisa e atividades, institutos e programas que promovem a divulgação de conhecimento.

O BID auxilia na elaboração de projetos e oferece financiamento, assistência técnica e conhecimentos para apoiar intervenções de desenvolvimento. Empresta a governos nacionais, estaduais e municipais, bem como a instituições públicas autônomas. Organizações da sociedade civil e empresas do setor privado também são elegíveis para financiamentos do BID.

4.3.5. Banco Mundial – *The World Bank*

O *The World Bank* é considerado o banco superior, pois é a fonte mundial de assistência para o desenvolvimento, proporcionando cerca de US$30 bilhões anuais em empréstimos para seus países clientes. Usa os recursos financeiros, o pessoal altamente treinado e a ampla base de conhecimentos para ajudar cada país em desenvolvimento numa trilha de crescimento estável, sustentável e equilibrado.

O objetivo principal é ajudar as pessoas mais pobres e os países mais pobres. O Banco também ajuda os países a atrair e reter investimento privado. Com o apoio, tanto em empréstimos quanto em assessoria, os governos estão reformando as suas economias, fortalecendo sistemas bancários e investindo em recursos humanos, infraestrutura e proteção do meio ambiente, o que realça a atração e produtividade dos investimentos privados.

4.4. Programas de Financiamento Não Reembolsáveis

4.4.1. Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA

A Lei Federal nº 7.797/1989, criou o Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA, que pertence ao Ministério do Meio Ambiente e tem como objetivo disponibilizar recursos para a capacitação de gestores nas áreas que desenvolvam ações de temática ambiental como, a água, as florestas, a fauna, e projetos sustentáveis e de planejamento e gestão territorial, ou qualquer outra área que tenha como objetivo a proteção da biodiversidade e da natureza.

As propostas podem ser apresentadas de acordo com temas definidos anualmente pelo Conselho Deliberativo do FNMA. A apresentação dos programas deverá seguir as orientações publicadas na página eletrônica do FNMA.

4.4.2. Fundo Brasileiro de Educação Ambiental - FunBEA

FunBEA é fruto de um processo de diálogo e articulação que reflete a experiência cotidiana de gestores, educadores, pesquisadores, cientistas e profissionais, diante dos desafios jurídicos, operacionais, pedagógicos e de inovação social para o fomento da EA no Brasil.

Surgiu em 2010, com o objetivo de viabilizar e potencializar ações, projetos e programas de EA que historicamente enfrentam dificuldades em obter e acessar as formas tradicionais de financiamento. A iniciativa partiu de educadores e gestores ambientais, oriundos da academia, sociedade civil organizada, setor empresarial e governo, contando com a presença e apoio do Ministério do Meio Ambiente.

4.4.3. Ministério da Saúde

A FUNASA, órgão executivo do Ministério da Saúde, autoriza que os municípios que pretendem receber recursos para fomentar a gestão de resíduos sólidos exponham seus projetos de pesquisa nas áreas de engenharia de saúde pública e saneamento ambiental.

A finalidade é aprimorar as ações para a saúde pública com a criação de sistemas que ampliem a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final de resíduos sólidos para o controle de doenças decorrentes da ineficiência do sistema de limpeza urbana.

Os projetos podem ser apresentados por municípios que tenham população total de até 50 mil habitantes e/ou que estejam incluídos no Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, devendo a temática atender ao manual de orientações técnicas para a Elaboração de Projetos de Resíduos Sólidos, que está disponível no sítio eletrônico da FUNASA.

4.4.4. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

O Ministério das Cidades é um dos atores da PNRS cujo seu objetivo é assegurar à população o direito de acesso ao sistema de saneamento básico em sua integralidade. O mesmo procura por projetos e ações que visem à implantação ou adequação para o tratamento e a disposição final ambientalmente adequada de resíduos. Podem fazer uso desses recursos os Estados, o Distrito Federal e os Municípios com população superior a 50 mil habitantes.

4.4.5. Ministério da Justiça – Fundo de Direito Difuso - FDD

A finalidade do Fundo administrado pelo Ministério da Justiça é consertar os danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico, paisagístico, por infração à ordem econômica e a outros interesses difusos e coletivos.

As soluções para obter estes recursos, são provenientes de multas aplicadas pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica - CADE, das multas aplicadas por descumprimento a Termos de Ajustamento de Conduta e das condenações judiciais em ações civis públicas.

Assim esses meios são destinados apenas às entidades que atuam diretamente na defesa dos direitos difusos, como preservação e recuperação do meio ambiente, proteção e defesa do consumidor, promoção e defesa da concorrência, entre outros.

Podem ser apoiados projetos que incentivem a gestão dos resíduos sólidos, a coleta seletiva ou outras formas de programas que incluam os objetivos da própria PNRS, que são a redução, a reutilização, o reaproveitamento e a reciclagem do lixo.

Com intuito de receber as verbas do FDD é necessário candidatar-se e apresentar uma carta-consulta, cujo modelo é divulgado no site do Ministério da Justiça. Conseguem solicitar os recursos do FDD as instituições governamentais da administração direta e indireta dos governos federal, estadual e municipal e

as organizações não governamentais, desde que brasileiras e que estejam relacionadas à atuação em projetos de meio ambiente, defesa do consumidor, de valor artístico ou histórico.

4.4.6. Fundo Nacional de Compensação Ambiental - FNCA

Em 2005, para garantir a aplicação adequada dos recursos da compensação ambiental dos processos de licenciamento federal, o MMA e o Ibama criaram o Fundo Nacional de Compensação Ambiental – FNCA, em cooperação com a CAIXA. Os recursos eram depositados em um fundo de investimento gerido pelo banco, a partir da adesão do empreendedor, e executado pelo Ibama.

O FNCA evitava a entrada dos recursos no caixa único do Tesouro federal e os tornava mais disponíveis para a aplicação direta nas unidades de conservação federais. O FNCA foi criado para investir quantias originárias de compensações ambientais, pagas por empreendimentos de infraestrutura ou outros igualmente impactantes.

4.4.7. Fundo Vale

Criado em 2009 pela Cia. Vale do Rio Doce, como contribuição da empresa para a busca de soluções globais de sustentabilidade, o fundo iniciou suas ações pelo Bioma Amazônia, apoiando iniciativas que unem a conservação dos recursos naturais à melhoria da qualidade de vida e ao fortalecimento dos territórios amazônicos e suas comunidades.

Os recursos são oriundos da Vale, mas alguns projetos são desenvolvidos a partir de parcerias com o poder público e outras organizações. Parceiros institucionais: Fundação Avina, Forest Trends, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), Articulação Regional Amazônica (ARA) e Iniciativa Amapá. As ações desenvolvidas pelo Fundo Vale estão agrupadas em três programas de trabalho, sendo que os projetos podem abranger mais de um programa em suas atividades:

• Programa Municípios Verdes, que apoia uma agenda de desenvolvimento sustentável nos municípios, com engajamento dos atores locais, conciliando gestão ambiental e economia local de base sustentável;

• Programa Áreas Protegidas e Biodiversidade: visa promover a gestão integrada das áreas protegidas, em conexão com as estratégias de desenvolvimento local, regional e nacional, de forma a demonstrar a sua contribuição para os territórios e garantir a sustentabilidade destas áreas e de seus povos; e

• Programa Monitoramento Estratégico: busca potencializar iniciativas de monitoramento e políticas de intervenção, com base na geração e uso de informação estratégica para a conservação dos recursos naturais, a redução da sua degradação e o desenvolvimento sustentável das populações locais.

5. ANÁLISE GLOBAL DOS INVESTIMENTOS

A tabela a seguir mostra os valores necessários para a universalização dos serviços de saneamento básico em Paraibuna, bem como sua execução e manutenção, para os próximos vinte anos.

Tabela 106 - Análise Global.

EIXO	PRAZOS			TOTAL GERAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	
Sistema de Abastecimento de Água	R$ 243.842,00	R$ 102.736,00	R$ 331.664,00	**R$ 678.242,00**
Sistema de Esgotamento Sanitário	R$ 147.684,40	R$ 127.684,40	R$ 429.155,00	**R$ 704.523,80**
Sistema de Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos	R$ 3.686.068,00	R$ 369.060,02	R$ 1.095.156,12	**R$ 5.150.287,14**
Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais	R$ 986.800,00	R$ 796.800,00	R$ 1.210.400,00	**R$ 2.994.000,00**
TOTAL	**R$ 4.657.394,40**	**R$ 1.396.280,40**	**R$ 3.066.375,12**	**R$ 9.527.052,94**

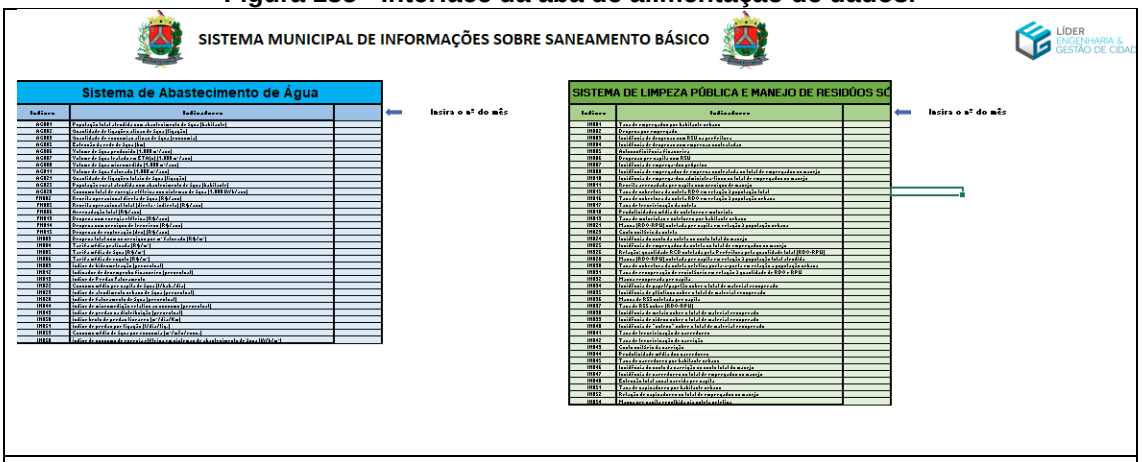
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

6. BANCO DE DADOS COM INDICADORES PARA MONITORAMENTO E TOMADA DE DECISÃO

O banco de dados com os indicadores para monitoramento e tomada de decisão consiste em um sistema semiautomatizado para inserção dos indicadores mensais utilizados para construção e monitoramento do plano. Esse sistema, além de reunir todas as informações e indicadores dos quatro eixos do saneamento, também compara automaticamente o crescimento ou decréscimo do indicador com o valor do mês anterior e indica, por meio das cores vermelha e verde, se há melhoria ou piora do indicador, auxiliando na tomada de decisão e na investigação de possíveis não-conformidades ou deficiências do sistema em tempo hábil para ajuste.

As figuras que seguem mostram as interfaces do sistema.

Figura 135 - Interface da aba de alimentação de dados.

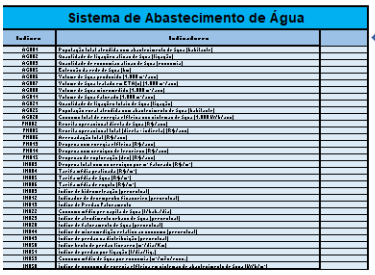


DETALHES

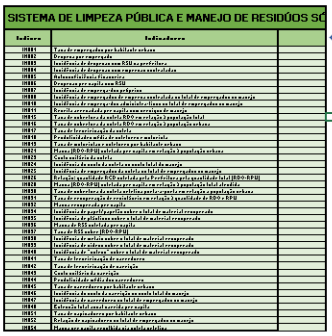
Sistema de Abastecimento de Água

Indices	Indicadores		Insira o nº do mês
AG001	População total atendida com abastecimento de água [habitante]		
AG002	Quantidade de ligações ativas de água [ligação]		
AG003	Quantidade de economias ativas de água [economia]		
AG005	Extensão da rede de água [km]		
AG006	Volume de água produzido [1.000 m³/ano]		
AG007	Volume de água tratado em ETA(s) [1.000 m³/ano]		
AG008	Volume de água micromedido [1.000 m³/ano]		
AG011	Volume de água faturado [1.000 m³/ano]		
AG021	Quantidade de ligações totais de água [ligação]		
AG025	População rural atendida com abastecimento de água [habitante]		
AG028	Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água [1.000 kWh/ano]		
FN002	Receita operacional direta de água [R$/ano]		
FN005	Receita operacional total (direta + indireta) [R$/ano]		
FN006	Arrecadação total [R$/ano]		
FN013	Despesa com energia elétrica [R$/ano]		
FN014	Despesa com serviços de terceiros [R$/ano]		
FN015	Despesas de exploração (dex) [R$/ano]		
IN003	Despesa total com os serviços por m³ faturado [R$/m³]		
IN004	Tarifa média praticada [R$/m³]		
IN005	Tarifa média de água [R$/m³]		
IN006	Tarifa média de esgoto [R$/m³]		
IN009	Índice de hidrometração [percentual]		
IN012	Indicador de desempenho financeiro [percentual]		
IN013	Índice de Perdas Faturamento		
IN022	Consumo médio per capita de água [l/hab./dia]		
IN023	Índice de atendimento urbano de água [percentual]		
IN028	Índice de faturamento de água [percentual]		
IN044	Índice de micromedição relativo ao consumo [percentual]		
IN049	Índice de perdas na distribuição [percentual]		
IN050	Índice bruto de perdas lineares [m³/dia/Km]		
IN051	Índice de perdas por ligação [l/dia/lig.]		
IN053	Consumo médio de água por economia [m³/mês/econ.]		
IN058	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água [kWh/m³]		

SISTEMA MUNICIPAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO BÁSICO


Sistema de Abastecimento de Água

Insira o nº do mês


SISTEMA DE LIMPEZA PÚBLICA E MANEJO DE RESIDÚOS SÓ

Insira o nº do mês

DETALHES

SISTEMA DE LIMPEZA PÚBLICA E MANEJO DE RESIDÚOS SÓLID

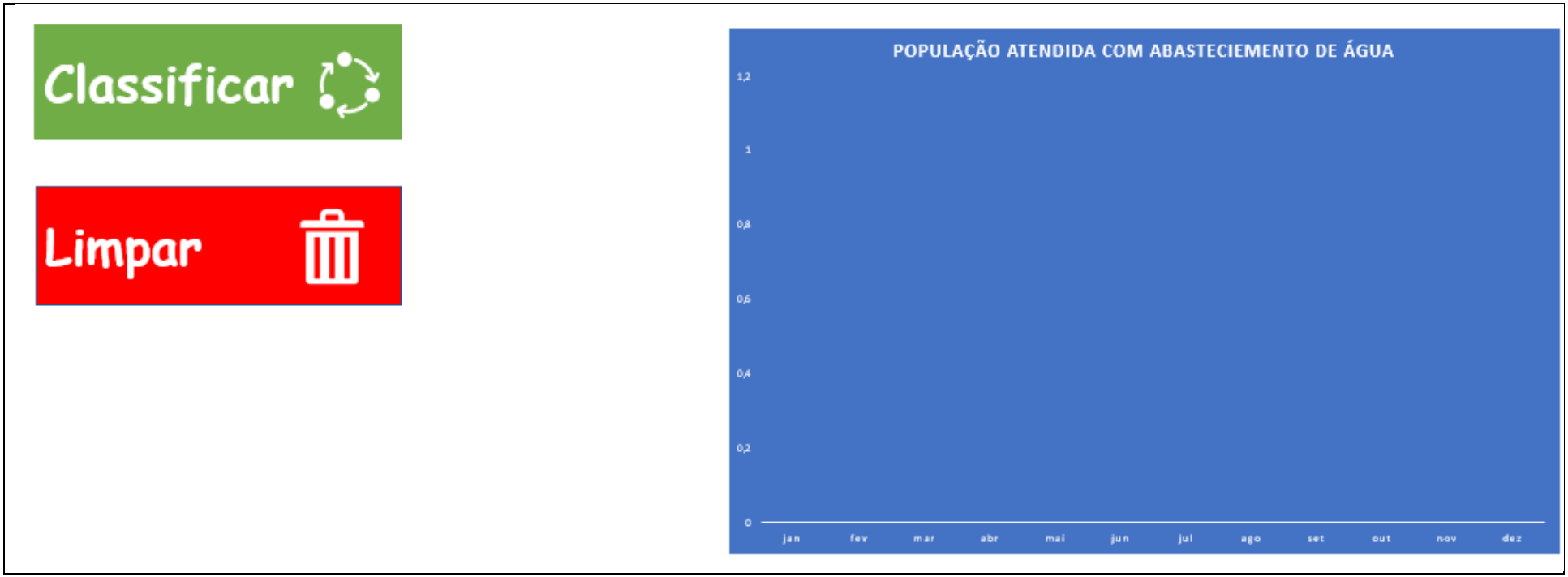
Insira o nº do mês

Indices	Indicadores	
IN001	Taxa de empregados por habitante urbano	
IN002	Despesa por empregado	
IN003	Incidência de despesas com RSU na prefeitura	
IN004	Incidência de despesas com empresas contratadas	
IN005	Autossuficiência financeira	
IN006	Despesas per capita com RSU	
IN007	Incidência de emprega-dos próprios	
IN008	Incidência de empregados de empresa contratada no total de empregados no manejo	
IN010	Incidência de emprega-dos administra-tivos no total de empregados no manejo	
IN011	Receita arrecadada per capita com serviços de manejo	
IN015	Taxa de cobertura da coleta RDO em relação à população total	
IN016	Taxa de cobertura da coleta RDO em relação à população urbana	
IN017	Taxa de terceirização da coleta	
IN018	Produtividades média de coletores e motorista	
IN019	Taxa de motoristas e coletores por habitante urbano	
IN021	Massa [RDO+RPU] coletada per capita em relação à população urbana	
IN023	Custo unitário da coleta	
IN024	Incidência do custo da coleta no custo total do manejo	
IN025	Incidência de empregados da coleta no total de empregados no manejo	
IN026	Relação: quantidade RCD coletada pela Prefeitura pela quantidade total [RDO+RPU]	
IN028	Massa [RDO+RPU] coletada per capita em relação à população total atendida	
IN030	Taxa de cobertura da coleta seletiva porta-a-porta em relação a população urbana	
IN031	Taxa de recuperação de recicláveis em relação à quantidade de RDO e RPU	
IN032	Massa recuperada per capita	
IN034	Incidência de papel/papelão sobre o total de material recuperado	
IN035	Incidência de plásticos sobre o total de material recuperado	
IN036	Massa de RSS coletada per capita	
IN037	Taxa de RSS sobre [RDO+RPU]	
IN038	Incidência de metais sobre o total de material recuperado	
IN039	Incidência de vidros sobre o total de material recuperado	
IN040	Incidência de “outros” sobre o total de material recuperado	
IN041	Taxa de terceirização de varredores	
IN042	Taxa de terceirização de varrição	
IN043	Custo unitário da varrição	
IN044	Produtividade média dos varredores	
IN045	Taxa de varredores por habitante urbano	
IN046	Incidência do custo da varrição no custo total do manejo	
IN047	Incidência de varredores no total de empregados no manejo	
IN048	Extensão total anual varrida per capita	
IN051	Taxa de capinadores por habitante urbano	
IN052	Relação de capinadores no total de empregados no manejo	
IN054	Massa per capita recolhida via coleta seletiva	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 136 - Interface da aba com os indicadores para classificação.

ÁGUA													
Indices	Indicadores	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
AG001	População total atendida com abastecimento de água [habitante]												
AG002	Quantidade de ligações ativas de água [ligação]												
AG003	Quantidade de economias ativas de água [economia]												
AG005	Extensão da rede de água [km]												
AG006	Volume de água produzido [1.000 m³/ano]												
AG007	Volume de água tratado em ETA(s) [1.000 m³/ano]												
AG008	Volume de água micromedido [1.000 m³/ano]												
AG011	Volume de água faturado [1.000 m³/ano]												
AG021	Quantidade de ligações totais de água [ligação]												
AG025	População rural atendida com abastecimento de água [habitante]												
AG028	Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água [1.000 kWh/ano]												
FN002	Receita operacional direta de água [R$/ano]												
FN005	Receita operacional total (direta + indireta) [R$/ano]												
FN006	Arrecadação total [R$/ano]												
FN013	Despesa com energia elétrica [R$/ano]												
FN014	Despesa com serviços de terceiros [R$/ano]												
FN015	Despesas de exploração (dex) [R$/ano]												
IN003	Despesa total com os serviços por m³ faturado [R$/m³]												
IN004	Tarifa média praticada [R$/m³]												
IN005	Tarifa média de água [R$/m³]												
IN006	Tarifa média de esgoto [R$/m³]												
IN009	Índice de hidrometração [percentual]												
IN012	Indicador de desempenho financeiro [percentual]												
IN013	Índice de Perdas Faturamento												
IN022	Consumo médio per capita de água [l/hab./dia]												
IN023	Índice de atendimento urbano de água [percentual]												
IN028	Índice de faturamento de água [percentual]												
IN044	Índice de micromedição relativo ao consumo [percentual]												
IN049	Índice de perdas na distribuição [percentual]												
IN050	Índice bruto de perdas lineares [m³/dia/Km]												
IN051	Índice de perdas por ligação [l/dia/lig.]												
IN053	Consumo médio de água por economia [m³/mês/econ.]												
IN058	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água [kWh/m³]												



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

6.1. Alimentação do Sistema

A primeira aba da planilha, denominada ALIMENTAR, contém os indicadores necessários para o acompanhamento tanto das medidas propostas no prognóstico do PMSB como para o monitoramento da situação do saneamento em si.

Primeiramente, deve-se colocar o número corresponde ao mês de referência para os dados medidos, sendo mês 1 igual a janeiro, mês dois, fevereiro, e assim consecutivamente. Preenche-se cada indicador com as medições mensais e depois clica-se no botão verde “GRAVAR” no canto inferior esquerdo da tela. Para limpar os campos, basta clicar no botão vermelho “LIMPAR” no mesmo canto. A figura a seguir ilustra essas ações.

Figura 137 - Inserção do mês e dos valores para cada indicador.

Sistema de Abastecimento de Água			
Indices	**Indicadores**		← **Insira o nº do mês**
AG001	População total atendida com abastecimento de água [habitante]		
AG002	Quantidade de ligações ativas de água [ligação]		
AG003	Quantidade de economias ativas de água [economia]		
AG005	Extensão da rede de água [km]		
AG006	Volume de água produzido [1.000 m³/ano]		
AG007	Volume de água tratado em ETA(s) [1.000 m³/ano]		
AG008	Volume de água micromedido [1.000 m³/ano]		
AG011	Volume de água faturado [1.000 m³/ano]		
AG021	Quantidade de ligações totais de água [ligação]		
AG025	População rural atendida com abastecimento de água [habitante]		
AG028	Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água [1.000 kWh/ano]		
FN002	Receita operacional direta de água [R$/ano]		
FN005	Receita operacional total (direta + indireta) [R$/ano]		
FN006	Arrecadação total [R$/ano]		
FN013	Despesa com energia elétrica [R$/ano]		
FN014	Despesa com serviços de terceiros [R$/ano]		
FN015	Despesas de exploração (dex) [R$/ano]		
IN003	Despesa total com os serviços por m³ faturado [R$/m³]		
IN004	Tarifa média praticada [R$/m³]		
IN005	Tarifa média de água [R$/m³]		
IN006	Tarifa média de esgoto [R$/m³]		
IN009	Índice de hidrometração [percentual]		
IN012	Indicador de desempenho financeiro [percentual]		
IN013	Índice de Perdas Faturamento		
IN022	Consumo médio per capita de água [l/hab./dia]		
IN023	Índice de atendimento urbano de água [percentual]		
IN028	Índice de faturamento de água [percentual]		
IN044	Índice de micromedição relativo ao consumo [percentual]		
IN049	Índice de perdas na distribuição [percentual]		
IN050	Índice bruto de perdas lineares [m³/dia/Km]		
IN051	Índice de perdas por ligação [l/dia/lig.]		
IN053	Consumo médio de água por economia [m³/mês/econ.]		
IN058	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água [kWh/m³]		

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 138 - Botões de GRAVAR e LIMPAR na tela de alimentação de dados.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

6.2. Classificação e Interpretação dos Dados

A simples alimentação do sistema consegue mostrar um panorama superficial da situação do saneamento municipal, contudo, faz-se necessária uma correta interpretação dos resultados para auxiliar nas melhores decisões a serem tomadas. O presente sistema classifica os resultados do mês presente em comparação ao mês anterior, com a cor vermelha ou verde, a depender do indicador.

Exemplo:

- O Indicador de Sistema de Esgotamento Sanitário IN015 refere-se ao índice de coleta de esgoto, em porcentagem, no município. Infere-se que se esse índice aumentar de um mês para o outro, o plano está sendo corretamente aplicado e a situação do saneamento está melhorando, portanto, o mesmo ficará verde. Por outro lado, se o percentual diminuir, significa que o atendimento não acompanhou o crescimento populacional ou as medidas previstas no plano não foram corretamente aplicadas, ficando assim vermelho.
- Já o Indicador do Sistema de Abastecimento de Água IN049 refere-se ao Índice de perdas na distribuição, também percentual, na rede municipal de abastecimento. Se esse índice aumentar de um mês para o outro, ao contrário do exemplo anterior, infere-se que há algo de errado acontecendo, pois há mais perdas de água no sistema, ficando então vermelho. Se esse índice diminuir, novamente em oposto ao exemplo supracitado, significa que o programa de perdas no sistema previsto pelo Plano está sendo aplicado corretamente, e que não há anomalias no sistema, ficando a célula verde.

Após a alimentação do sistema com os dados de entrada explanados anteriormente, procede-se com a classificação, clicando na aba do referido eixo que se deseja consultar e depois disso clicando no botão “CLASSIFICAR” no canto inferior esquerdo da tela, como mostra a figura a seguir.

Figura 139 - Botão CLASSIFICAR e LIMPAR.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O botão “LIMPAR” apaga todas as entradas já guardadas anteriormente, portanto, necessita-se cautela para sua utilização. É prudente manter um arquivo cópia antes de editar o arquivo principal, para servir como backup em caso de problemas imprevistos de preenchimento.

7. SISTEMA MUNICIPAL DE GEOPROCESSAMENTO

O sistema de informações municipais sobre saneamento é um importante instrumento para que a gestão do saneamento básico seja facilitada e melhorada. O objetivo é apresentar um sistema de armazenamento, divulgação e análise dos dados de cada serviço, produzindo informações essenciais para a constante melhoria na prestação dos mesmos.

Tendo como papel fundamental o monitoramento da realidade do saneamento básico, servindo, deste modo, para intervenções estruturais e estruturantes e como uma das bases que auxiliam a tomada de decisões.

Este sistema vem sendo estruturado ao longo da elaboração deste PMSB, e é importante que ocorra sua implantação, avaliação e alimentação frequente quando da conclusão do mesmo. Sendo previstos, então, projetos específicos de acompanhamento dos dados dos serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

O sistema municipal de informações deve estar articulado com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento – SINISA. O mesmo foi criado pelo art. 53 da Lei nº 11.445/2007, colocando como objetivos do mesmo:

> I - coletar e sistematizar dados relativos às condições da prestação dos serviços públicos de saneamento básico;
> II - disponibilizar estatísticas, indicadores e outras informações relevantes para a caracterização da demanda e da oferta de serviços públicos de saneamento básico;
> III - permitir e facilitar o monitoramento e avaliação da eficiência e da eficácia da prestação dos serviços de saneamento básico.

A lei coloca que as informações do SINISA devem ser públicas e acessíveis a todos, sendo publicadas na internet. É necessário que os titulares, os prestadores de serviços de saneamento básico e as entidades reguladoras forneçam as informações a serem inseridas no SINISA. Demonstra-se mais uma vez a importância do sistema de informações municipais.

Assim, todos os dados solicitados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS referentes a cada serviço de saneamento básico

devem ser coletados, monitorados, registrados, analisados, divulgados e levados em consideração na tomada de decisões pelo titular e prestador dos serviços. É importantíssimo que os dados constantes no SNIS sejam utilizados no planejamento do setor de saneamento do município. Estes dados são primordiais para o monitoramento e evolução dos sistemas, processos e estruturas do saneamento básico.

Este sistema configura-se num importante mecanismo de garantia à sociedade no acesso de informações e participação nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos de saneamento básico. Isso na fase de saída/produção de relatórios, quando se dissemina os dados aos interessados. Inserindo-se no contexto da necessidade de publicidade de informações e controle social, consequentemente desenvolvendo os serviços de forma a atender a todos de modo democrático.

Deve-se garantir a publicação de relatórios periódicos que demonstrem os indicadores do desempenho das ações, assim como a qualidade dos serviços de acordo com o cenário de cada eixo do saneamento. Para isso, deve-se alimentar e adquirir os dados de modo constante.

O sistema também auxilia no planejamento e na tomada de decisões para a correta gestão dos diferentes eixos do saneamento em nível municipal, já que indica, mês a mês, se o indicador teve melhora ou piora, inferindo os gestores a se atentarem para as causas e as possíveis soluções para cada indicador.

7.1. Metodologia adotada

O sistema de informações municipais sobre saneamento foi estruturado utilizando-se do auxílio de técnicas do geoprocessamento através de sistema de informações geográficas (SIG), planilhas e softwares de geoprocessamento. Também foi construído um banco de dados com o Microsoft Excel, semiautomatizado para inserção dos indicadores mensais utilizados para construção e monitoramento do plano.

Neste produto apresenta-se os dados em softwares livres (open source), que não tem custo ao município, além de demonstrar-se o modo de acesso aos

mesmos. Os softwares de geoprocessamento são muito utilizados para se visualizar dados que podem ser espacializados (localizados em um local da Terra), tanto dados gerais do município (como localização, hidrografia, geomorfologia, pedologia, bacias hidrográficas, altimetria, declividade etc) quanto de cada componente do saneamento básico.

Cada dado utilizado no software de geoprocessamento é vinculado a uma tabela (planilha) com informações textuais e numéricas dos sistemas, sendo importante no auxílio à tomada de decisões relacionadas ao saneamento básico e no monitoramento constante do mesmo.

Dessa forma, a manipulação dos dados e a visualização da situação de cada serviço ofertado pelo município são facilitadas, auxiliando na identificação das deficiências dos setores de saneamento, facilitando o acesso às informações e proporcionando a criação de um banco de dados referente aos serviços de saneamento básico. Pois as tabelas são visualizadas clicando-se em cada feição georreferenciada (como um ponto de captação de água, por exemplo) ou através da classificação dos dados em diferentes simbologias e cores.

Objetiva-se sistematizar os dados e informações que são importantes para se caracterizar e monitorar o saneamento básico do município, através de planilhas eletrônicas e dos softwares de geoprocessamento QGIS e Google Earth.

A estruturação de dados realizada para este PMSB será entregue ao município através de arquivo zipado que contém todos os arquivos apresentados no plano em formato .kml (usado em softwares livres do Google, como o Google Earth e o Google My Maps), .tif (imagem raster georreferenciada), .jpeg e .shp.

Este produto contempla um tutorial para visualização e inserção das principais informações no QGIS, para iniciação básica no programa, além de arquivo de instalação do mesmo.

Conforme apresentado neste PMSB, são previstos em projetos a capacitação de técnicos responsáveis em manusear e alimentar software de banco de dados georreferenciado. Fazendo com que os conhecimentos acerca de geoprocessamento e dos softwares correspondentes sejam aprofundados e aplicados.

Um dos arquivos mais utilizados em softwares de geoprocessamento é o shapefile (.shp). São arquivos vetoriais (em formato de ponto, linha ou polígono, possibilitando a demonstração de qualquer elemento) que são georreferenciados, ou seja, possuem coordenadas geográficas estabelecidas, e cada feição é vinculada a uma tabela de atributos. Tabela na qual se pode inserir qualquer informação textual ou numérica, vinculada a determinado ponto, linha ou polígono, formando um banco de dados georreferenciado.

Assim, as análises podem ser facilitadas, na medida em que se pode visualizar as diferenças entre as feições, locais com maiores problemas, dados específicos de cada local, através da atribuição de diferentes cores, por exemplo.

Como exemplos tem-se o monitoramento e visualização de locais com maior incidência de manutenções corretivas na rede, diâmetro de cada tubulação, consumo/produção de cada setor, locais com maior índice de alagamentos, etc.

7.2. Informações a Constar na Base de Dados Georreferenciados

Para cada serviço de saneamento básico existem alguns dados essenciais a serem coletados para gerar os arquivos georreferenciados, assim como as informações que constam na tabela de atributos relativa a cada arquivo.

A tabela abaixo demonstra os principais dados em formato shapefile a se criar e alimentar periodicamente no sistema de informações municipal sobre saneamento quando da implementação do PMSB. São apresentados também dados gerais do município aos quais são necessários constar na base cartográfica municipal. A apresentação da fonte dos dados é essencial.

Tabela 107 - Principais informações a constarem na base de dados georreferenciada.

Sistema de Abastecimento de Água	
Arquivo/dado	**Colunas da tabela de atributos nos shapes**
Pontos de captação de água bruta	Distrito em que se insere
	Vazão média captada (l/s)
	Tipo (superficial/subterrâneo)
	Localidade Abastecida
	Nome manancial
	Observações
	Manutenções
	Qualidade da água
	Data de atualização
Rede de distribuição/adutoras	Tipo (bruta/tratada)
	Material
	Diâmetro
	Extensão
	Ano de construção
	Manutenções realizadas
	Observações
Reservatórios	Volume em m³
	Tipo (ex. semi-enterrado, elevado construído, elevado construído)
	Água bruta/tratada
	Ano de construção
	Material
Estações de tratamento de água	Tipo tratamento (ex. Convencional, 3 módulos compactos; desarenação, filtragem e cloração)
	Q nom. (l/s)
	Q op. (l/s)
	Qualidade da água
	Área atendida

Área de atendimento do sistema produtor	População atendida
	Unidade de produção
	Índice de perdas
	Localidade de atendimento (bairros)
	Metragem da rede
Estações elevatórias	Unidade de produção
	Potência (CV)
	Altura manométrica
	Vazão nominal
	Observações
	Manutenções realizadas
Sistema de Esgotamento Sanitário	
Arquivo/dado	**Colunas da tabela de atributos nos shapes**
Proposição_ETEs.shp	Tipo de proposição
	Distrito em que se insere
Traçado Rede Coletora	Ano de construção
	Estação de Tratamento Associada
	Diâmetro
	Manutenções realizadas
	Observações
Traçado Coletores Tronco e/ou Interceptores	Ano de construção
	Estação de Tratamento Associada
	Diâmetro
	Manutenções realizadas
	Observações
Estações Elevatórias (EEE)	Unidade de tratamento associada
	Potência (CV)
	Altura manométrica

	Vazão nominal
	Observações
	Manutenções realizadas
	Observações
Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs)	Tipo tratamento
	Q nom. (l/s)
	Q op. (l/s)
	Observações
	Área atendida
Bacia de Esgotamento	Estação de Tratamento associada
	Vazão Gerada (m³/s)
	Extensão da rede (m)
	N.º ligações
	População Atendida
	Observações
Pontos de Lançamento Esgoto	Localidade
	Corpo Hídrico Receptor
	Observações Gerais
Áreas sem coleta de esgoto	População a ser atendida
	Nº de ligações a serem atendidas
	Observações
Ligações de esgoto e drenagem irregulares	Endereço
	Data vistoria
	Observações
Áreas fiscalizadas quanto às ligações irregulares	Data vistoria
	Observações
Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais	
Arquivo/dado	**Colunas da tabela de atributos nos shapes**
Traçado da Rede de Águas Pluviais	Nome da Bacia de Drenagem

	Conexão com Rede Coletora de Esgoto (sim / não)
	Extensão
	Manutenções realizadas
	Observações
Traçado das vias	Pavimentação
	Extensão
	Existência de rede de drenagem
	Observações
Área de Inundação ou Alagamento	Tipo de Ocorrência (Alagamento ou Inundação)
	Nome Localidade
	Superfície Afetada
	Ano de Ocorrência
	Frequência de Ocorrência (ex.: anos 1998, 2004, 2012)
	Nº Famílias Afetadas
	Observações
Áreas sem atendimento com rede de drenagem	População a ser atendida
	Extensão a ser atendida
Área de Preservação Permanente - APPs sem mata ciliar	Nome manancial
	Área
Área de Preservação Permanente - APPs com construções	Nome manancial
	Área
	Número moradores
	Número moradias
Pontos de Descarga no Corpo Hídrico	Nome do Corpo Hídrico Receptor
	Enquadramento do Corpo Hídrico Receptor
	Observações
Localização dos bueiros	Tipo de abertura
	Manutenções realizadas
Hidrografia	Nome manancial

	Extensão
Ligações de esgoto e drenagem irregulares	Endereço
	Data vistoria
	Observações
Áreas fiscalizadas quanto às ligações irregulares	Data vistoria
	Observações
Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos	
Arquivo/dado	**Colunas da tabela de atributos nos shapes**
Central de Tratamento e Disposição Final de Resíduos	Área
	Ano instalação
	Vida útil
	Volume mensal recebido
	Observações
Limpeza Pública	Rotas e frequência de varrição
	Rotas e frequência das podas, roçagem e capina
	Rotas e frequências das manutenções de sarjeta e meio fio
	Feiras e demais eventos
	Status de Atividade
	Km varridos
Pontos de Entrega Voluntária	Área
	Ano instalação
	Volume mensal recebido
	Observações
Unidades de Triagem e Compostagem de Resíduos	Área
	Ano instalação
	Volume mensal recebido

	Observações
Pontos de descarte irregular de resíduos	Área Ocupada
	Status área (pública/privada)
	Observações
Grandes geradores	Tipo estabelecimento
	Nome estabelecimento
	Volume produzido
	Forma de destinação final
Geradores de resíduos industriais/perigosos/infectantes	Nome estabelecimento
	Tipo resíduos
	Forma de tratamento/destinação final
Volume coletado por região	População
	Nº de domicílios
	Volume coletado coleta convencional
	Volume coletado coleta recicláveis
	Dias de coleta
	Observações
Dados Gerais do Município	
Arquivo/dado	**Colunas da tabela de atributos nos shapes**
Distritos/localidades	Nome
	População
	Observações
	Área
Limite municipal	Área
	Ano de vigência
	Código do IBGE
Municípios_SP.shp	Nome do município
	Código do IBGE
Microrregião	Nome da microrregião
Mesorregião	Nome da mesorregião

Traçado das vias	Pavimentação
	Extensão
	Existência de rede de drenagem
	Observações
Hidrografia	Nome manancial
	Extensão

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

7.3. Projetos relacionados ao sistema de informações municipais sobre saneamento

Considerando a importância do acompanhamento das ações previstas neste PMSB, conforme já explanado, prevê-se projetos de acompanhamento dos dados dos serviços de saneamento básico. Sendo estes vinculados diretamente ao sistema de informações municipal sobre saneamento básico.

Para os serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário a concessionária prestadora do serviço público é responsável pela implementação desse programa, sendo a prefeitura responsável por criação de link em seu site para disponibilização das informações à consulta geral.

Para os serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos a prefeitura municipal é responsável pela implementação desse programa.

Diversos outros projetos relacionam-se ao sistema municipal de informações, como os de manutenções nos dispositivos dos serviços, de controle e redução de perdas de água (averiguação dos locais com maior incidência de redes e ligações antigas e hidrômetros inclinados e inadequados para a faixa de consumo/averiguação dos locais com elevada incidência de necessidade de manutenções corretivas), plano de segurança da água (identificação de áreas próximas ou a montante das captações com necessidade de recuperação ambiental/estabelecimento de medidas de recuperação ambiental de áreas próximas ou a montante das captações diagnosticadas com

essa necessidade/identificação de possíveis fontes de poluição da água captada e tratada), controle e monitoramento da qualidade da água, fiscalização e notificação de ligações de esgoto e drenagem irregulares, limpeza e manutenção dos dispositivos do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais, criação e implantação de programa de recuperação de áreas degradadas próximas a fundos de vale, coleta de resíduos sólidos domiciliares urbanos, implantação de coleta seletiva e implantação de aterro sanitário municipal.

O banco de dados deve constantemente ser alimentado, é importante que este processo permaneça para que ocorram melhorias nas avaliações e no saneamento básico no município.

7.4. Base de dados georreferenciados apresentada

Disponibiliza-se neste PMSB um arquivo do QGIS e um .kml, conforme já explanado, que contém a base de dados geográficos utilizada ao longo da elaboração do mesmo. Apresenta-se, ainda, dados gerais do município, sendo as rodovias, distritos/localidades, limite municipal, mapa do IBGE de 2010, domínios geológicos, microrregião, mesorregião, setores censitários, mapas clinográfico, hipsométrico, bacias e sub-bacias urbanas, localização dos parques lineares, mapa de uso e ocupação do solo dentro do perímetro urbano, entre outros.

Estes arquivos são apresentados com o objetivo de iniciar a organização do sistema municipal de informações sobre saneamento.

Para visualização dos dados no software Google Earth (ou Google Earth Pro), basta ter o mesmo instalado no computador ou telefone celular/tablet e clicar sobre o arquivo que está na pasta zipada citada. Sendo este um bom meio de divulgação dos dados à população geral.

Deste modo, expõe-se a seguir o tutorial para acesso aos dados e inserção das principais informações no QGIS.

7.5. Tutorial software QGIS

O QGIS é um programa gratuito de código aberto com capacidade para processar dados geoespaciais. Pode ser utilizado em diferentes sistemas operacionais, como o Windows, Linux e o Mac.

7.5.1. Instalação

Para instalação do programa, basta executar o arquivo .exe localizado na pasta disponibilizada com os arquivos.

7.5.2. Abrindo um projeto no QGIS

Abrir o arquivo .shp localizado na pasta disponibilizada com os arquivos (pasta SIG_QGIS).

7.5.3. Interface

O QGIS apresenta a interface conforme a figura a seguir. A mesma pode ser completamente customizada pelo usuário.

- Painel de camadas – nessa área temos as camadas do projeto, é na nela que se habilita a visualização das camadas.
- Visualizador de mapas - nessa área visualiza-se as camadas habilitadas no painel de camadas.
- Ferramentas/barra de menus – ferramentas para acesso às funcionalidades.
- Barra de status – coordenadas, escala e lupa.

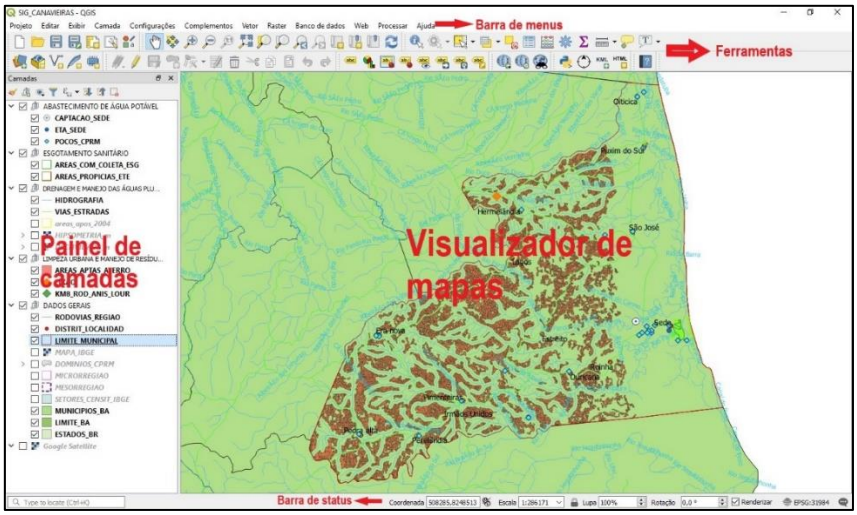


Figura 140 - Interface do QGIS.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

7.5.4. Ferramentas de navegação

As principais ferramentas de navegação são apresentadas na Figura 141.

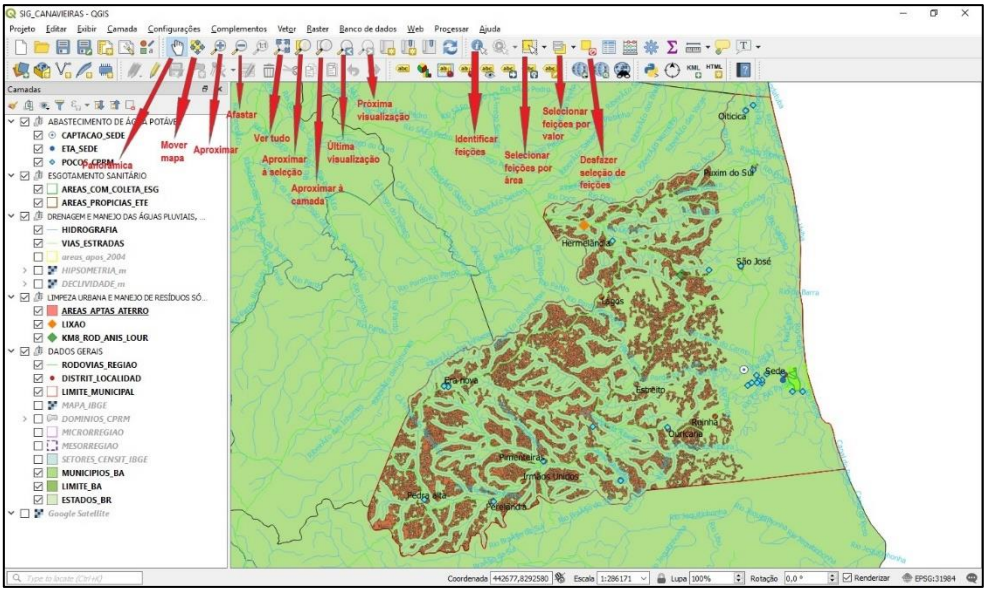


Figura 141 - Principais ferramentas de navegação – QGIS.
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

7.5.5. Identificação de feições

Para se identificar feições e as informações correspondentes na tabela de atributos, selecionar a ferramenta e clicar sobre a informação desejada no mapa.

7.5.6. Tabela de atributos

Para se abrir a tabela de atributos, clicar sobre a feição no painel de camadas e selecionar a ferramenta. Ou então clicar com o botão direito do mouse na feição desejada, no painel de camadas, e em “Abrir tabela de atributos”.

7.5.7. Edição de tabela de atributos

Para se inserir informações nas colunas existentes na tabela de atributos, abrir a mesma e clicar em para se adicionar colunas, clicar em

7.5.8. Edição de camadas vetoriais

Para se editar as camadas vetoriais (inserir/desenhar um ponto, linha ou polígono), clicar sobre a camada no painel de camadas, em seguida em e em para se adicionar um ponto, em para se adicionar polígono e em para se adicionar uma linha.

7.5.9. Simbologia/cores

Para que se possa estabelecer diferentes simbologias e cores para cada informação que consta na tabela de atributos, se utilizará como exemplo o arquivo DISTRIT_LOCALIDAD. Ao se abrir a tabela de atributos do mesmo, tem-se na coluna “Name” as informações com o nome de cada distrito/localidade. Deseja-se que no mapa e no painel de camadas cada nome apareça com uma cor diferente. Para tanto, deve-se clicar com o botão direito sobre a camada, na aba “Simbologia” pode-se mudar a simbologia dos objetos. Clicando-se na seta ao lado de “Símbolo simples” tem-se as diferentes formas de estabelecer a simbologia para informações da tabela de atributos, clicar em “Categorizado”, na aba “Coluna” em “Name” e em “Classifica”. Assim, o programa classifica para cada distrito/localidade uma cor diferente, sendo que o usuário pode editar as cores que julgar mais adequadas, conforme a figura a seguir.

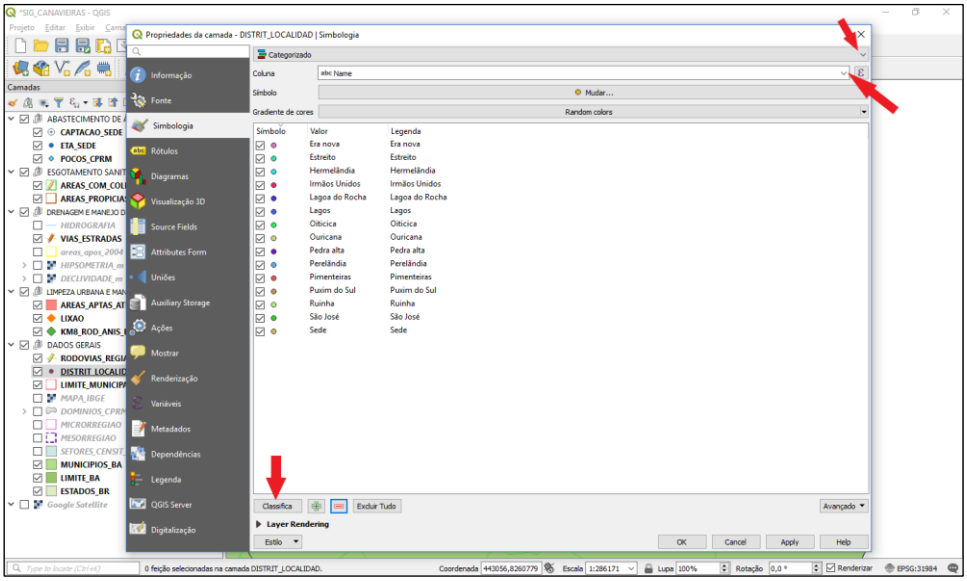


Figura 142 - Atribuição de diferentes cores/simbologia para informações da tabela de atributos.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

7.5.10. Exportação para .kmz/.kml/.xlsx

Para se exportar os arquivos em formato .kml (Google) e .xlsx (planilhas eletrônicas, dados da tabela de atributos) basta clicar com o botão direito do mouse sobre a camada, em “Exportar” e em “Salvar feições como”. Na janela que se abre, selecionar o formato de exportação que se deseja, inserir o nome do arquivo e clicar em “ok”.

7.5.11. Adição de camadas vetoriais/matriciais

Para se adicionar novas camadas vetoriais ou matriciais, deve-se clicar em “Camada” na barra de menu, em “Adicionar camada” e escolher o tipo e a localização do arquivo.

7.5.12. Criação de feições/camadas

Para se criar novas camadas vetoriais, deve-se clicar em “Camada” na barra de menu, em “Criar nova camada” e em “Shapefile”. Na janela que se abre, inserir o nome do arquivo a ser criado, o tipo de geometria (ponto, linha ou polígono) e o sistema de referência geodésico. O sistema de referência geodésico é essencial em cada arquivo georreferenciado, sendo que para cada local do planeta é estabelecido um sistema, para correção de erros inerentes à representação de feições da Terra em projeções planas. Para o município de Paraibuna deve-se inserir o sistema de projeção SIRGAS 2000 / UTM zone 23S.

Em seguida, estabelecer as colunas que se deseja inserir na tabela de atributos, o tipo de informação da coluna (informações textuais, numéricas ou de data) e clicar em “ok”. O arquivo será criado no painel de camadas e na pasta em que está salvo o arquivo. qgs. Estando, deste modo, pronto para ser editado no software.

7.5.13. Plugins/complementos

O QGIS possui uma série de complementos, também chamados de plugins, que disponibilizam ao usuário uma série de funcionalidades. Sendo que a cada versão surgem novas e diferentes aplicabilidades. Alguns plugins vêm a sua instalação do QGIS, enquanto a maioria deles é disponibilizada através dos repositórios de plugins, devendo ser instalado pelo usuário.

Como exemplo apresenta-se a instalação do complemento QuickMapServices. Ele contém diversos mapas base de fontes diferentes, entre elas imagens de satélite, com nome de ruas, com informações do relevo, entre outras.

Para tanto, deve-se clicar em “Complementos” na barra de menus, e em “Gerenciar e instalar complementos”. Na janela que se abre, clicar em “Tudo”, para se visualizar todos os complementos disponíveis, e buscar por “QuickMapServices”. Após, clicar em “Instalar complemento”. Assim, o complemento já está disponível, podendo ser acessado na barra de menus, em “Web”. Para que o plugin fique completamente disponível, clicar em “Web” > “QuickMapServices” > Settings. Na janela que se abre, clicar em “More services” > “Get contributed pack” > “Save”. Assim, o complemento já se encontra completamente carregado.

7.5.14. Exportação do mapa

Para exportação do mapa em formato de imagem (jpeg, png, tiff, etc), deve-se clicar no menu “Projeto” > “Novo layout de impressão”. Nomear o layout e dar ok. Na janela que se abre, clicar no menu “Adicionar item” e em “Adicionar mapa”. Após, desenhar onde se deseja inserir o mapa. Para exportar, clicar no menu “Esboço” > “Export as image”. Esta funcionalidade permite inserir diversas informações no mapa, como norte, legenda, escala, grade de coordenadas, etc.

8. INDICADORES E INFORMAÇÕES PARA REVISÃO DO PMSB

A Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, através do documento intitulado Termo de Referência da Fundação Nacional de Saúde para Revisão de PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico 2019, disponibiliza como ferramenta a metodologia de indicadores para avaliar os resultados do Plano.

De acordo com a FUNASA 2019, os indicadores são valores utilizados para medir e descrever uma circunstância ou acontecimento de forma sintetizada, podendo ser originários de dados primários, secundários ou outros tipos de indicadores. Sendo assim, para a construção de um indicador para avaliar os resultados do PMSB, de acordo ainda com a FUNASA 2019, é necessário:

- nomear o indicador;
- definir seu objetivo;
- listar as variáveis que permitem o seu cálculo;
- identificar a fonte de origem dos dados;
- definir sua fórmula de cálculo;
- estabelecer sua periodicidade de cálculo;
- indicar seu intervalo de validade;
- indicar o responsável pela geração, atualização e divulgação.

Ressalta-se que os indicadores devem ser de fácil compreensão e que a sua utilização pela gestão pública deverá ser contínua, divulgando informações que mostrem o andamento das ações propostas no Plano. Os indicadores para avaliar os resultados do PMSB de Paraibuna devem ter transparência com a prestação dos serviços, propondo para a sua população a participação de todos na construção de novas bases para os serviços do saneamento básico.

Desta forma, as tabelas abaixo mostram a metodologia proposta pela FUNASA 2019, para avaliar os resultados do PMSB do Município de Paraibuna.

Tabela 108 - Indicadores de avaliação do nível de execução do PMSB.

Indicador	Objetivo	Variáveis	Cálculo	Periodicidade	Responsável pela Geração, Atualização e Divulgação
Eficiência	Mensurar o nível de execução do PMSB, segundo suas ações programadas e respectivas metas e prazos para sua realização.	Número de ações programadas e executadas de acordo com suas metas e respectivos prazos e total de ações programadas segundo as mesmas metas e respectivos prazos.	$\text{Indicador de Execução do PMSB (\%)} = \{(aI_c + aC_i) / \Sigma (aI + aC)\} \times 100$	A cada dez anos estabelecido por legislação.	Prefeitura Municipal

Fonte: Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 109 - Indicadores para avaliação dos recursos financeiros do PMSB.

Indicador	Objetivo	Variáveis	Cálculo	Periodicidade	Responsável pela Geração, Atualização e Divulgação
Eficiência	Mensurar o custo do PMSB, segundo a comparação entre o custo programado e o custo realizado das suas ações.	Número de ações concluídas em determinado período e executadas de acordo com o custo programado, e total de ações concluídas em determinado período.	$I\ custo\ do\ PMSB\ (\%) = \{(al_{cc} / al_{c})\} \times 100$	A cada dez anos estabelecido por legislação.	Prefeitura Municipal

Fonte: Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 110 - Indicadores para avaliar a capacidade de transformação da realidade local em relação ao atendimento dos objetivos do PMSB.

Indicador	Objetivo	Variáveis	Cálculo	Periodicidade	Responsável pela Geração, Atualização e Divulgação
Efetividade	Mensurar a capacidade do PMSB, por meio das suas ações, no caso da primeira revisão de um projeto em particular, transformar a realidade local na direção do objetivo de melhorar o índice de salubridade ambiental de uma determinada população.	Número de domicílios de uma determinada comunidade atendidos pelos quatro serviços de saneamento básico, e número total de domicílios de uma determinada comunidade.	$I\ efetividade\ do\ PMSB = \{N_{(SB)} / N_{(T)}\} x\ 100\%$	A cada dez anos estabelecido por legislação.	Prefeitura Municipal

Fonte: Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

8.1. Indicadores para Avaliar os Resultados do PMSB

Os indicadores para avaliar os resultados do PMSB do município de Paraibuna deverão ser capazes de expressar a qualidade da prestação dos serviços de saneamento, do alcance das metas de curto, médio e longo prazos, da universalização dos serviços e dos programas e ações previstas dentro do Plano.

Ressalta-se que a lei n° 11.445/2007 atualizada pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico, lei nº 14.026/2020, estabelece que no conteúdo mínimo do PMSB devem constar os métodos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações objetivadas.

Esta avaliação deve ser realizada a partir da construção de um sistema de informações fundamentados em indicadores de desempenho. O sistema de informações constitui-se em uma ferramenta de gestão integrada, no qual os dados e as informações geradas permitem verificar a efetividade e a eficiência das ações e das metas estabelecidas pelo PMSB.

Além das metas do PMSB a melhoria na eficiência deve ser permanentemente avaliada principalmente sobre os aspectos quantitativos e qualitativos da prestação dos serviços de saneamento básico, possibilitando assim promover os subsídios para a melhoria dessa prestação.

A responsabilidade em estabelecer o sistema de informações cabe ao responsável pelos serviços de saneamento, além disso, este sistema de informações deverá ser integrado ao Sistema Nacional de Informações em Saneamento, além dos sistemas estaduais e das agências de bacia.

Outro objetivo do sistema de informações associa-se com a garantia de transparência das ações em saneamento. De acordo com a lei a transparência das ações, princípio fundamental na prestação dos serviços públicos de saneamento, deverá ser garantida por meio do sistema de informações.

Entretanto atenta-se para a necessidade de aprimoramento e atualização do sistema ao longo do tempo. Nesse caso, é possível adotar o período de dez anos proposto para revisão do Plano como referência. Os resultados deverão ser disponibilizados à população, de preferência através da internet e deverão ser de fácil acesso para consulta.

8.1.1. Sistema de Abastecimento de Água

A tabela abaixo mostra os indicadores do sistema de abastecimento de água, para serem utilizados como ferramenta de avaliação do desempenho dos objetivos estipulados no Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Paraibuna.

Tabela 111 - Indicadores para o monitoramento dos serviços de abastecimento de água no Município de Paraibuna.

Indicador	Objetivo	Periodicidade de Cálculo	Fórmula de Cálculo	Variáveis	Unidade	Origem dos Dados	Responsável pela Geração/Divulgação
ÍNDICE DE HIDROMETRAÇÃO	Quantificar o número de hidrômetros existentes nas ligações de água, a fim de minimizar o desperdício e realizar a cobrança justa pelo volume consumido de água.	Anual	(QLM / QLA)*100	QLM: Quantidade de Ligações Ativas de Água Micromedidas QLA: Quantidade de Ligações Ativas de Água	%	CAEPA/ SNIS	CAEPA
ÍNDICE DE MICROMEDIÇÃO RELATIVO AO VOLUME DISPONIBILIZADO	Quantificar a relação entre o volume micromedido e o volume de produção. Comparar o volume de água tratado e volume real consumido pela população.	Mensal	[VM / (VD - VS)] *100	VM: Volume de Água Micromedido VD: Volume de Água Disponibilizado para Distribuição VS: Volume de Água de Serviços	%	CAEPA/ SNIS	CAEPA
ÍNDICE DE PERDAS DE FATURAMENTO	Mensurar os volumes não faturados pela empresa responsável pelo abastecimento de água do município.	Mensal	{[(VAP+ VTI -VS) - VAF] / (VAP + VTI - VS)} *100	VAP: Volume de Água Produzido VTI: Volume Tratado Importado VS: Volume de	%	CAEPA/ SNIS	CAEPA

				Serviço VAF: Volume de Água Faturado			
CONSUMO MÉDIO PER CAPITA DE ÁGUA	Calcular o volume médio de água consumido por habitante.	Semestral	[(VAC - VAT) *(1000/365)] / PTA	VAC: Volume de Água Consumido VAT: Volume de Água Tratada Exportado PTA: População Total Atendida com Abast. de Água	L/habdia	CAEPA/ SNIS	CAEPA
VOLUME DE ÁGUA DISPONIBILIZADO POR ECONOMIA	Calcular o volume de água disponibilizado para distribuição por economia ativa de água	Semestral	VAD / QEA	VAD: Volume de Água Disponibilizado para Distribuição QEA: Quantidade de Economias Ativas de Água	m³/mês/ economia	CAEPA/ SNIS	CAEPA

ÍNDICE DE CONSUMO DE ÁGUA	Calcular a porcentagem de consumo de água referente ao volume total de água tratado.	Mensal	[VAC / (VAP + VTI - VS)] *100	VAC: Volume de Água Consumido VAP: Volume de Água Produzido VTI: Volume de água Tratado Importado VS: Volume de Serviço	%	CAEPA/ SNIS	CAEPA
ÍNDICE DE FATURAMENTO DE ÁGUA	Calcular a porcentagem de volume de água faturado referente ao volume total de água tratado.	Mensal	[VAF / (VAP + VTI - VS)] *100	VAF: Volume de Água Faturado VAP: Volume de Água Produzido VTI: Volume de água Tratado Importado VS: Volume de Serviço	%	CAEPA/ SNIS	CAEPA
ÍNDICE DE ATENDIMENTO URBANO DE ÁGUA	Calcular a porcentagem de atendimento de abastecimento de água da população urbana.	Anual	(PUA /PUM) *100	PUA: População Urbana Atendida com Abastecimento de Água PUM: População Urbana do Município	%	IBGE/CAEPA/ SNIS	CAEPA

ÍNDICE DE ATENDIMENTO TOTAL DE ÁGUA	Calcular a porcentagem de atendimento de abastecimento de água da população total do município.	Anual	(PTA /PTM) *100	PTA: População Total Atendida com Abastecimento de Água PTM: População Total do Município	%	IBGE/CAEPA/ SNIS	CAEPA
ÍNDICE DE MICROMEDIÇÃO RELATIVO AO CONSUMO	Calcular a porcentagem de volume de água micromedido sobre o volume de água consumido pela população.	Mensal	[VAM/ (VAC - VATE)] *100	VAM: Volume de Água Micromedido VAC: Volume de Água Consumido VATE: Volume de Água Tratado	%	CAEPA/SNIS	CAEPA
ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO	Medir as perdas totais na rede de distribuição de água	Mensal	{[VAP + VTI - VS) - VAC] / (VAP + VTI - VS)} *100	VAP: Volume de Água Produzido VTI: Volume de água Tratado Importado VS: Volume de Serviço VAC: Volume de água Consumido	%	CAEPA/SNIS	CAEPA

ÍNDICE DE PERDAS POR LIGAÇÃO	Quantificar o volume de perdas por ligação ativa de água.	Mensal	[(VAP + VTI - VS) - VAC] / QLA	VAP: Volume de Água Produzido VTI: Volume de água Tratado Importado VS: Volume de Serviço VAC: Volume de água consumido QLA: Quantidade de Ligações Ativas de Água	L/dia/ligação	CAEPA/SNIS	CAEPA
ÍNDICE DE FLUORETAÇÃO DE ÁGUA	Calcular o volume de água fluoretado referente ao volume de água total tratado.	Semestral	[VF / (VAP + VTI)] *100	VF: Volume de Água Fluoretado VAP: Volume de Água Produzido VTI: Volume Tratado Importado	%	CAEPA/SNIS	CAEPA

ÍNDICE DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	Quantificar o consumo total de energia elétrica no sistema de abastecimento por volume de água tratada.	Mensal	CTEE / (VAP + VTI)	CTEE: Consumo Total de Energia Elétrica no Sistema de Abastecimento de Água VAP: Volume de Água Produzido VTI: Volume de água Tratado Importado	kWh/m³	CESP/ CAEPA	CAEPA
ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUÍDA	Verificar o atendimento às exigências contidas nas legislações atuais (Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde), referentes a padrões de potabilidade para água distribuída.	Mensal	[NPC / NPD] *100	NPC: Número de pontos de coleta de água na rede de distribuição de água dentro dos padrões da legislação em vigor NPD: Número de pontos de coleta de água na rede de distribuição de água	%	CAEPA	CAEPA

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA	Verificar o atendimento às exigências contidas nas legislações atuais (Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde), referentes a padrões de potabilidade para água tratada.	Mensal	[NPP/ NTP] *100	NPP: Número de parâmetros com análises dentro do padrão NTP: Número total de parâmetros	%	CAEPA	CAEPA
ÍNDICE DE CONFORMIDADE DA QUANTIDADE DE AMOSTRAS DE CLORO RESIDUAL	Verificar o atendimento às exigências contidas nas legislações atuais (Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde), referentes ao padrão de cloro residual.	Mensal	[QAA / QMA] *100	QAA: Quantidade de Amostras Analisadas para Aferição de Cloro Residual QMA: Quantidade Mínima de Amostras Obrigatórias para Análises de Turbidez	%	CAEPA	CAEPA
ÍNDICE DE CONFORMIDADE DA QUANTIDADE DE AMOSTRAS DE TURBIDEZ	Verificar o atendimento às exigências contidas nas legislações atuais (Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde), referentes ao padrão de turbidez.	Mensal	[QAA / QMA] *100	QAA: Quantidade de Amostras Analisadas para Aferição de Turbidez QMA: Quantidade Mínima de	%	CAEPA	CAEPA

				Amostras Obrigatórias para Análises de Turbidez			
ÍNDICE DE CONFORMIDADE DA QUANTIDADE DE AMOSTRAS DE COLIFORMES TOTAIS	Verificar o atendimento às exigências contidas nas legislações atuais (Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde), referentes ao padrão de coliformes totais.	Mensal	[QAA / QMA] *100	QAA: Quantidade de Amostras Analisadas para Aferição de Coliformes Totais QMA: Quantidade Mínima de Amostras Obrigatórias para Coliformes Totais	%	CAEPA	CAEPA

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

8.1.2. Sistema de Esgotamento Sanitário

A tabela abaixo mostra os indicadores do sistema de esgotamento sanitário, para serem utilizados como ferramenta de avaliação do desempenho dos objetivos estipulados no Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Paraibuna.

Tabela 112 - Indicadores para o monitoramento dos serviços de esgotamento sanitário.

Indicador	Objetivo	Periodicidade de Cálculo	Fórmula de Cálculo	Variáveis	Unidade	Origem dos Dados	Responsável pela Geração/Divulgação
ÍNDICE DE COLETA DE ESGOTO	Medir o percentual de volume de esgoto coletado comparado ao volume de água consumido.	Anual	[VEC / (VAC - VAE)] *100	VEC: Volume de Esgoto Coletado VAC: Volume de Água Consumido VAE: Volume de Água Exportado	%	SNIS	Prefeitura ou CAEPA
ÍNDICE DE TRATAMENTO DE ESGOTO	Medir o percentual de volume de esgoto tratado comparado ao volume coletado.	Semestral	[VET / VEC] *100	VET: Volume de Esgoto Tratado VEC: Volume de Esgoto Coletado	%	SNIS	Prefeitura ou CAEPA
ÍNDICE DE ESGOTO TRATADO REFERENTE À ÁGUA CONSUMIDA	Medir o percentual de volume de esgoto tratado comparado ao volume de água consumido.	Semestral	[VET / (VAC - VAE)] *100	VET: Volume de Esgoto Tratado VAC: Volume de Água Consumido VAE: Volume de Água Exportado	%	SNIS	Prefeitura ou CAEPA
ÍNDICE DE ATENDIMENTO URBANO DE ESGOTO	Calcular a população urbana atendida com rede de esgoto.	Anual	[PUA / PUM] *100	PUA: População Urbana Atendida com Rede de Esgoto PUM: População Urbana do Município	%	IBGE	Prefeitura ou CAEPA
ÍNDICE DE ATENDIMENTO TOTAL DE ESGOTO	Calcular a porcentagem da população total do município que é atendida com o serviço de	Anual	[PAE / PTM] *100	PAE: População Atendida com Rede de Esgoto PTM: População Total do Município	%	IBGE	Prefeitura ou CAEPA

	esgotamento sanitário.						
ÍNDICE DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	Quantificar o consumo total de energia elétrica no sistema de esgotamento sanitário por volume de esgoto coletado.	Mensal	CTE / VEC	CTE: Consumo Total de Energia Elétrica em Sistema de Esgotamento Sanitário VEC: Volume de Esgoto Coletado	kWh/m³		Prefeitura ou CAEPA
EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE DBO NO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO	Quantificar a eficiência de remoção de DBO no sistema de tratamento de esgoto.	Mensal	[(DBO inicial – DBO final) / DBO inicial)] *100	DBO inicial: Demanda Bioquímica de Oxigênio antes do tratamento DBO final: Demanda Bioquímica de Oxigênio, após o tratamento	%		Prefeitura ou CAEPA
EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE COLIFORMES TERMOTOLERA NTES NO TRATAMENTO DE ESGOTO	Quantificar a eficiência de remoção de coliformes termotolerantes no sistema de tratamento de esgoto.	Mensal	[(CFC) / CIC)]*100	CFC: Concentração Inicial de Coliformes Termotolerantes - Concentração Final de Coliformes Termotolerantes CIC: Concentração Inicial de	%		Prefeitura ou CAEPA

				Coliformes Termotolerantes			
INCIDÊNCIA DE AMOSTRAS NA SAÍDA DO TRATAMENTO DE ESGOTO FORA DO PADRÃO	Quantificar o número de amostras na saída do tratamento que não atendem aos padrões de lançamento previstos na legislação vigente.	Mensal	[QFP / QTA] *100	QFP: Quantidade de Amostras do Efluente da Saída do Tratamento de Esgoto Fora do Padrão QTA: Quantidade Total de Amostras do Efluente da Saída do Tratamento de Esgoto	%	SNIS	Prefeitura ou CAEPA
EXTENSÃO DA REDE DE ESGOTO POR LIGAÇÃO	Quantificar a relação entre a extensão da rede coletora de esgoto e as ligações totais de Esgoto no município.	Anual	[ERC / NLT]	ERC: Extensão da Rede Coletora de Esgoto NLT: Número de Ligações Totais de Esgoto	m/ligação	SNIS	Prefeitura ou CAEPA

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

8.1.3. Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos

A tabela abaixo mostra os indicadores do sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, para serem utilizados como ferramenta de avaliação do desempenho dos objetivos estipulados no Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Paraibuna.

Tabela 113 - Indicadores para o monitoramento dos serviços manejo dos resíduos sólidos.

Indicador	Objetivo	Periodicidade de Cálculo	Fórmula de Cálculo	Variáveis	Unidade	Origem dos Dados	Responsável pela Geração/Divulgação
ÍNDICE DE ATENDIMENTO DA COLETA DOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	Medir o percentual de vias urbanas com atendimento de coleta dos resíduos sólidos urbanos.	Anual	[EVU / ETV]*100	EVU: Extensão das Vias Urbanas com Serviços de Coleta de Resíduos Sólidos Urbano ETV: Extensão Total das Vias Urbanas	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal
ÍNDICE DE TRATAMENTO ADEQUADO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	Quantificar o percentual de tratamento adequado dos resíduos sólidos.	Anual	[QRTA /QTRC] *100	QRTA: Quantidade de Resíduos Sólidos Coletados e Tratados adequadamente QTRC: Quantidade Total de Resíduos Sólidos Coletados	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal
TAXA DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS (EXCETO MATÉRIA ORGÂNICA E REJEITOS) EM RELAÇÃO À	Calcular a taxa de recuperação de materiais recicláveis, em relação à quantidade total de resíduos	Semestral	QTMR /QTC] * 100	QTMR: Quantidade Total de Materiais Recuperados (exceto matéria orgânica e rejeitos)	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal

QUANTIDADE TOTAL (RDO + RPU) COLETADA	domiciliares e públicos coletados.			QTC: Quantidade Total Coletada			
TAXA DE COBERTURA DO SERVIÇO DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, EM RELAÇÃO À POPULAÇÃO URBANA	Calcular a taxa de cobertura do serviço de coleta de resíduos sólidos, em relação à população urbana do município.	Anual	[PAD / PU]*100	PAD: População Atendida Declarada PU: População Urbana	%	Prefeitura Municipal /SNIS/IBGE	Prefeitura Municipal
TAXA DE TERCEIRIZAÇÃO DO SERVIÇO DE COLETA DE RDO E RPU, EM RELAÇÃO À QUANTIDADE COLETADA	Calcular a taxa de terceirização do serviço de coleta de resíduos domiciliares e públicos, em relação à quantidade total de resíduos coletada.	Anual	QTE /QTC*100	QTE: Quantidade Total Coletada por Empresas Contratadas QTC: Quantidade Total Coletada	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal
TAXA DE EMPREGADOS (COLETADORES + MOTORISTAS) NA COLETA (RDO + RPU), EM RELAÇÃO À POPULAÇÃO URBANA	Calcular a taxa de empregados envolvidos na coleta de resíduos sólidos domiciliares e públicos, em relação à população urbana do município	Anual	[QEC*1000] /PU	QEC: Quantidade Total de Empregados (Coletadores + Motoristas) PU: População Urbana	Empregados/ 1000 habitantes	Prefeitura Municipal /SNIS/IBGE	Prefeitura Municipal

MASSA COLETADA (RDO + RPU) PER CAPITA, EM RELAÇÃO À POPULAÇÃO ATENDIDA COM SERVIÇO DE COLETA	Quantificar a massa coletada de resíduos domiciliares e públicos, em relação à população atendida com serviço de coleta de resíduos	Semestral	QRC / PAD	QRC: Quantidade Total de Resíduos Domiciliares Coletado PAD: População Atendida Declarada	Kg/habitante/dia	Prefeitura Municipal /SNIS/IBGE	Prefeitura Municipal
TAXA DA QUANTIDADE TOTAL COLETADA DE RESÍDUOS PÚBLICOS (RPU), EM RELAÇÃO À QUANTIDADE TOTAL COLETADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS (RDO)	Calcular a taxa da quantidade total de resíduos públicos coletada, em relação à quantidade total de resíduos sólidos domésticos coletados	Anual	[QTRP /QTRD] *100	QTRP: Quantidade Total de Resíduos Sólidos Públicos QTRD: Quantidade Total Coletada de Resíduos Sólidos Domésticos	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal
MASSA DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE COLETADA PER CAPITA, EM RELAÇÃO À POPULAÇÃO URBANA	Quantificar a massa coletada de resíduos de serviço da saúde, em relação à população urbana	Anual	[QTRSS*1000] / PU	QTRSS: Quantidade Total Coletada de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde PU: População Urbana	kg/ 1000 habitantes/ dia	Prefeitura Municipal /SNIS/IBGE	Prefeitura Municipal

TAXA DE RSS COLETADA, EM RELAÇÃO À QUANTIDADE TOTAL COLETADA	Calcular a taxa de resíduos do serviço de saúde coletada, em relação à quantidade total de resíduos sólidos coletados.	Anual	QTRSS /QTC] * 100	QTRSS: Quantidade Total Coletada de Resíduos Sólidos do Serviço de Saúde QTC: Quantidade Total Coletada	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal
TAXA DE TERCEIRIZAÇÃO DA EXTENSÃO VARRIDA	Calcular a taxa de terceirização da extensão de vias municipais contempladas com o serviço de varrição	Anual	[EVC / ETS] *100	EVC: Extensão de Sarjeta Varrida por Empresas Contratadas ETS: Extensão Total de Sarjeta Varrida	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal
TAXA DE VARREDORES, EM RELAÇÃO À POPULAÇÃO URBANA	Calcular a quantidade de varredores disponíveis para cada mil habitantes da população urbana.	Anual	[QTV*1000] /PU	QTV: Quantidade Total de Varredores PU: População Urbana	Empregados/ 1000 habitantes	Prefeitura Municipal /SNIS/IBGE	Prefeitura Municipal
ÍNDICE DE DOMICÍLIOS ATENDIDOS COM COLETA DE LIXO	Quantificar o número de domicílios atendidos com coleta de lixo no município.	Anual	[NDL / NDM]*100	NDL: Número de Domicílios atendidos com serviço de coleta de lixo NDM: Número Total de Domicílios no Município	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal

ÍNDICE DE DOMICÍLIOS URBANOS ATENDIDOS COM COLETA DE LIXO	Identificar o índice de atendimento de domicílios, na área urbana do município, com coleta de resíduos sólidos.	Anual	[NDU / NTM]*100	NDU: Número de Domicílios atendidos com serviço de coleta de lixo na Área Urbana NTM: Número Total de Domicílios Urbanos no Município	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal
ÍNDICE DE DOMICÍLIOS RURAIS ATENDIDOS COM COLETA DE LIXO	Identificar o índice de atendimento de domicílios, na área rural do município, com coleta de resíduos sólidos.	Anual	[NDR /NTR]*100	NDR: Número de Domicílios atendidos com serviço de coleta de lixo na Área Rural NTR: Número Total de Domicílios da Área Rural no Município	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal
ÍNDICE DE ATENDIMENTO DO SERVIÇO DE VARRIÇÃO	Identificar o índice de atendimento do serviço de varrição das vias urbanas do município.	Anual	[ECV/ ETV]*100	ECV: Extensão das Vias Urbanas com Serviços de Varrição ETV: Extensão Total das Vias Urbanas	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal

ÍNDICE DE DOMICÍLIOS URBANOS ATENDIDOS COM COLETA SELETIVA	Identificar o índice de atendimento de domicílios, na área urbana do município, com coleta seletiva.	Anual	[NDA/ NDT]*100	NDA: Número de Domicílios atendidos com serviço de coleta seletiva na Área Urbana NDT: Número Total de Domicílios na Área Urbana	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

8.1.4. Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais

A tabela abaixo mostra os indicadores do sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais, para serem utilizados como ferramenta de avaliação do desempenho dos objetivos estipulados no Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Paraibuna.

Tabela 114 - Indicadores para o monitoramento dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais.

Indicador	Objetivo	Periodicidade de Cálculo	Fórmula de Cálculo	Variáveis	Unidade	Origem dos Dados	Responsável pela Geração/Divulgação
ÍNDICE DE ATENDIMENTO COM SISTEMA DE DRENAGEM	Calcular a porcentagem da população urbana do município atendida com sistema de drenagem de águas pluviais.	Anual	[PAD / PUM]*100	PAD: População Urbana Atendida com Sistema de Drenagem Urbana PUM: População Urbana do Município	%	Prefeitura Municipal/ SNIS/IBGE	Prefeitura Municipal
ÍNDICE DE VIAS URBANAS COM GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS	Calcular o índice de vias urbanas que apresentam galeria para drenagem urbana de águas pluviais.	Anual	EGP / ETS]*100	EGP: Extensão das Galerias Pluviais ETS: Extensão Total do Sistema Viário Urbano	%	Prefeitura Municipal/ SNIS	Prefeitura Municipal
ÍNDICE DE OCORRÊNCIA DE ALAGAMENTOS	Identificar o número de ocorrência de alagamentos por m² de área urbana do município.	Anual	[NTA/ AUM]	AUM: Área urbana do município NTA: Número total de ocorrência de alagamento no ano	pontos de alagamento / km²	Prefeitura Municipal	Prefeitura Municipal
ÍNDICE DE VIAS URBANAS SUJEITAS A ALAGAMENTO	Identificar o índice de vias urbanas sujeitas a alagamento no sistema viário urbano.	Anual	[EVA / ETS]*100	EVA: Extensão de vias urbanas sujeitas a alagamento ETS: Extensão Total do Sistema Viário Urbano	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal

EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA, QUANTO AOS EMISSÁRIOS FINAIS	Calcular a eficiência do sistema de drenagem referente aos emissários finais do sistema de galeria de águas pluviais.	Semestral	[NEF / NET]*100	NEF: Número de emissários finais do sistema de galeria de águas pluviais NET: Número total de emissários finais do sistema de galeria de águas pluviais que contribuem para a ocorrência de erosões e alagamentos	%	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

8.1.5. Indicadores de Avaliação dos Recursos Financeiros

A tabela abaixo mostra os indicadores dos recursos financeiros, para serem utilizados como ferramenta de avaliação do desempenho dos custos estipulados no Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Paraibuna.

Tabela 115 - Indicadores para avaliar o uso dos recursos financeiros.

Indicador	Objetivo	Periodicidade de Cálculo	Fórmula de Cálculo	Variáveis	Unidade	Origem dos Dados	Responsável pela Geração/Divulgação
DESPESA DE EXPLORAÇÃO POR ECONOMIA DE ÁGUA	Calcular a despesa de exploração, pelo tratamento de água, por economia de água ativa no município.	Anual	[DE / QEA]	DE: Despesas de Exploração QEA: Quantidade de Economias Ativas de Água	R$/ano/ economia	CAEPA/ SNIS	CAEPA
DESPESA DE EXPLORAÇÃO POR ECONOMIA DE ESGOTO	Calcular a despesa de exploração, pelo tratamento de esgoto, por economia de esgoto ativa no município.	Anual	DE / QEE	DE: Despesas de Exploração QEE: Quantidade de Economias Ativas de Esgoto	R$/ano/ economia	CAEPA/ SNIS	Prefeitura ou CAEPA
DESPESA PER CAPITA COM MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, EM RELAÇÃO À POPULAÇÃO URBANA	Calcular a despesa per capita do serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos, em relação à população atendida.	Anual	[DT / PU]	DT: Despesa Total com Manejo de RSU PU: População Urbana	R$/ano/ habitante	Prefeitura Municipal/ IBGE	Prefeitura Municipal
AUTOSSUFICIÊNCIA FINANCEIRA COM MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	Calcular o índice de autossuficiência financeira com o serviço de manejo de resíduos sólidos urbanos.	Anual	[RA /DT] *100	RA: Receita Arrecadada com Manejo de RSU DT: Despesa Total com Manejo de RSU	Porcentagem (%)	Prefeitura Municipal /SNIS	Prefeitura Municipal
INDICADOR DE DESEMPENHO FINANCEIRO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA	Calcular o indicador de desempenho financeiro do sistema de abastecimento de água no município.	Anual	[ROA / DT]*100	ROA: Receita Operacional Direta de água DT: Despesa Total com o serviço de água	Porcentagem (%)	CAEPA /SNIS	CAEPA

INDICADOR DE DESEMPENHO FINANCEIRO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO	Calcular o indicador de desempenho financeiro do sistema de esgotamento sanitário no município.	Anual	[ROE / DT]*100	ROE: Receita Operacional Direta de Esgoto DT: Despesa Total com o serviço de esgoto	Porcentagem (%)	CAEPA /SNIS	Prefeitura ou CAEPA

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. RDC 306: RESOLUÇÃO RDC Nº 306, DE 7 DE DEZEMBRO DE 2004. 2004.

ÁGUABRASIL. **Glossário Saneamento e Meio Ambiente**. Disponível em: https://www.aguabrasil.icict.fiocruz.br/index.php?pag=sane. Acesso em ago/2024.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al*. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift**,** [S.L.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 1 dez. 2013. Schweizerbart. http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507.

ARAÚJO, J. G., BARBOSA, A. M., VIEIRA, H. V., CARDOSO, R. S., & SILVA FILHO, J. F. Avaliação do risco de erosão do solo em diferentes unidades da paisagem de uma microbacia hidrográfica no estado do Acre, Brasil. Engevista, 20(2), 271-286. 2018.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **PERFIL** Paraibuna, SP**.** Disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/353560. Acesso em: ago/2024.

AYOADE, J. O.. Introdução à Climatologia para os Trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p. Disponível em: https://www2.ifmg.edu.br/governadorvaladares/pesquisa/laboratorio-de-climatologia/livros/ayoade-j-o-_introducao_a_climatologia_para_os_tropicos.pdf.

BARTH, Huberto Paulo *et al*. Descrição do Valor Adicionado nos Setores Econômicos e sua Distribuição nos Municípios do Vale do Taquari. Revista Digital**,** Canoas, v. 1, n. 8, p. 11-19, jan. 2018.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone – 6ª edição p.17-173. 2008.

BDIA. Banco de informações ambientais. Disponível em: https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307/2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 ago. 2004.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília – DF, 1988.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445/2007 – Política Nacional de Saneamento Básico. Brasília – DF, 2007.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília – DF, 2010.

BRASIL. Lei Federal nº 14.026/2020 – Novo Marco Legal do Saneamento. Brasília – DF, 2020.

BRASIL. Decreto Nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Brasília – DF, 2010.

BRASIL. Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002. . Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Resolução nº 146, de 8 de novembro de 2017. . São Paulo.

BRASIL. Lei Federal nº 9.974, de 06 de junho de 2000. Altera a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989. Brasília, DF.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DE PARAIBUNA (CAEPA). Água e Esgoto. Disponível em: https://www.caepa.com.br/abastecimento-de-agua/. Acesso em: 2024.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DE PARAIBUNA (CAEPA). Informações Financeiras. Disponível em: https://www.caepa.com.br/informacoes-financeiras/ Acesso em: 2024.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Geomorfologia**.** 2. ed. Rio Claro: Blucher, 1974. 188 p.

CLIMATE DATA. CLIMATE DATA FOR CITIES WORLDWIDE**.** Disponível em: https://en.climate-data.org/.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe Sobre a Classificação dos Corpos de Água e Diretrizes Ambientais para o seu Enquadramento, bem como Estabelece as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes, e dá outras Providências.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2011. Dispõe Sobre as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes, Complementa e Altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

CONSÓRCIO ICF-KAISER-LOGOS, 1999, Caracterização Hidrogeológica da Bacia do Rio Paraíba do Sul no Estado de São Paulo – Nota Técnica NT-01-015 - Revisão A. In: Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul, São Paulo.

DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Manual de Hidrologia Urbana. São Paulo. 2012.

DATASUS. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde. 2023. Disponível em: https://cnes2.datasus.gov.br/Index.asp?home=1.

DIAS JUNIOR, M. S., DUARTE, E. M., DAFONTE, J. D., PINHEIRO NETO, S. C., & LOPES, R. N. Perdas de solo e água por erosão em área de brejo situada no alto sertão paraibano. Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online), (34), 187-197. 2014.

DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, p. 677-685, 2016.

FESTI, A. V. Coletânea das equações de chuva do Brasil. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos, 2007.

FUNDAÇÃO COPPETEC. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul: Diagnóstico dos Recursos Hídricos. 2007.

GS INIMA BRASIL. Paraibuna terá esgoto tratado pela primeira vez em 354 anos de história. Publicado em: out. 2020. Disponível em: https://www.gsinimabrasil.com.br/noticias/paraibuna-tera-esgoto-tratado-pela-primeira-vez-em-354-anos-de-historia/. Acesso em: 2024.

IBGE. Panorama**.** Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/paraibuna/panorama.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), 1981, Mapa Geológico do Estado de São Paulo - 1:500.000. In: Série Monografia n. 6, São Paulo.

LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. Oficina de Textos. 2002.

MAPBIOMAS. PLATAFORMA MAPBIOMAS USO E COBERTURA. Disponível em: https://mapbiomas.org/.

MMA. Biomas**.** Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/biomas.html. Acesso em: 29 mai. 2023.

MIRANDA, L. F. V. Contribuições indevidas de águas pluviais em trecho de rede de esgotamento sanitário afluente à ete mangabeira em João Pessoa-PB. 2018.

MORGAN, R.P.C. *Soil Erosion and Conservation. Blackwell Publishing***.** Inglaterra, 3. Ed. 304p. 2005.

PASSOS, Isabela Cristina da Silva. Clima e Arquitetura habitacional em Alagoas: estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar. 2009. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009. Disponível em: https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/695.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PARAIBUNA. Prefeitura de Paraibuna**.** Disponível em: https://www.paraibuna.sp.gov.br/

REIS, R. C.; LIMA, E. C. Estimação de vazão máxima de cheia por meio do método racional em bacias hidrográficas urbanas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 22(1), 143-154. 2017.

SEADE. SEADE MUNICÍPIOS**:** economia. Economia. Disponível em: https://municipios.seade.gov.br/economia/.

SIGRH. Divisão Hidrográfica**.** Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (CBH-PS). Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/cbhps/apresentacao

SILVA, A. M. C., RODRIGUES, C. A. G., & CASSOTE, A. J. F. Avaliação comparativa de perdas de solo em Argissolos sob diferentes arranjos produtivos. Scientia Agraria Paranaensis, 11(1), 47-58. 2012.

SCHLICHTMANN, R. The influence of the I-Pai-Wu method on the performance of a stormwater detention basin. Water Science and Technology, 79(1), 124-133. 2018.

SUGUIO, K. Geologia Sedimentar. 1st Edition, Edgard Blucher, Sao Paulo, 400 p. 2003.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO BRASIL. Situação atual das Unidades de Conservação. Disponível em: https://uc.socioambiental.org/.

UTE. Reator UASB. UFRJ. Centro Experimental de Saneamento Ambiental, Rio de Janeiro, 2016. Acessado em 25 jul. 2016. Online. Disponível em:

VILLELA, S.M. e MATTOS, A. Hidrologia aplicada. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 245 p. 1975.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Department of Agriculture, Science and Education Administration. Washington D.C.: 1978.

ANEXO

Figura 143 - Apresentação Completa da Audiência Pública.

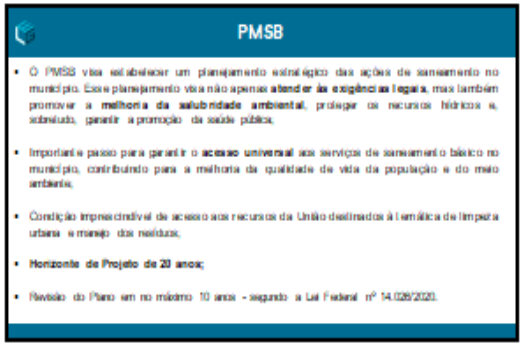
1

2

3

4

5



6

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

7

Produto 2 – Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

- No município de Paraibuna o sistema de abastecimento de água é administrado pela Companhia de Água e Esgoto de Paraibuna (CAEPA);
- O sistema é abastecido por 8 poços de captação subterrânea, sendo que apenas 5 se encontram em operação e 1 ponto de captação superficial no rio Paraibuna;
- A outorga de distribuição de água do município é estabelecida em norma do CAEPA, para o uso em recursos hídricos superficiais e subterrâneos e compreende uma quantidade diária máxima de 4.807,64 m³;
- A captação no rio Paraibuna compreende a maior parte do abastecimento público no município, com capacidade de 28,15 L/s, realizando o atendimento na área central da cidade;
- A distribuída é 89,86% proveniente da captação no rio Paraibuna, o equivalente a 4.320 m³/dia de uso máximo, e 10,14% proveniente de poços subterrâneos, totalizando 487,64 m³/dia.

8

Produto 2 – Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

- Há uma Estação de Tratamento de Água (ETA) para tratar a água proveniente da captação no rio Paraibuna – Tratamento convencional;
- O sistema de distribuição conta com 11 estações elevatórias;
- De acordo com informações do CAEPA, a população atendida com abastecimento de água é de 13.628 habitantes;
- De acordo com o CAEPA, o serviço é prestado nas localidades especificadas no contrato de concessão, que incluem, além da área urbana central, os bairros São Germano, Santa Edwiges, Colinas III, Telles, Espírito Santo e Cedro.

9

Produto 2 – Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

10

Produto 2 – Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

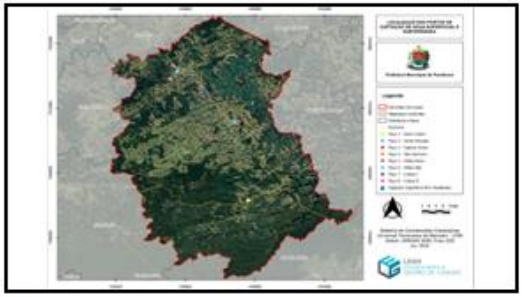
Poço 003 - Bairro Espírito Santo.

Poço 004 - Bairro São Germano.

11

Produto 2 – Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

12



13

14

15

16

17

18

19

20

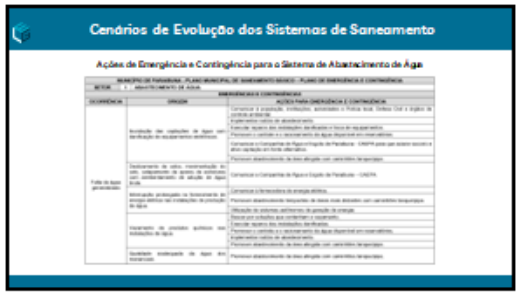
21

22

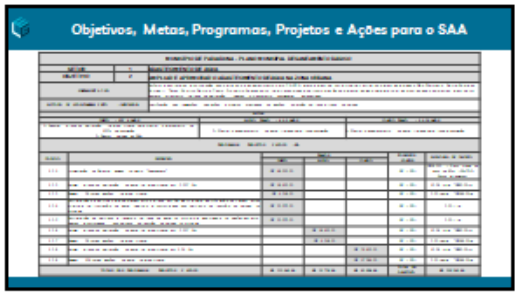
23

24

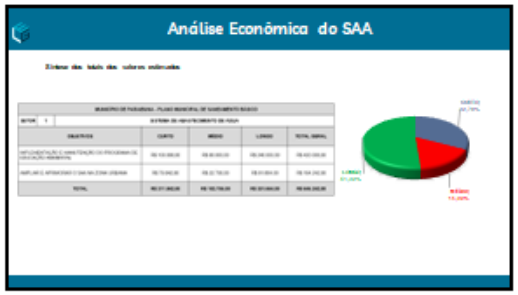
25



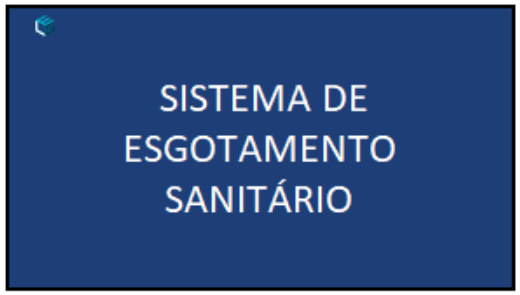
26



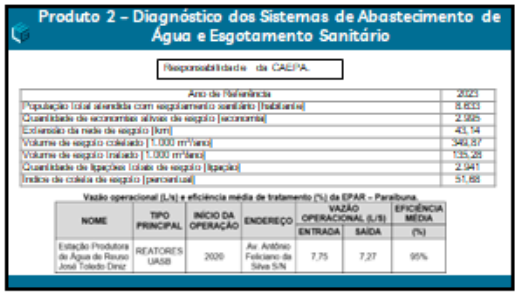
27



28



29



30

Produto 2 – Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

- A ETE de Paraibuna foi inaugurada em 2020 pela CAEPA;
- Sendo o primeiro processo de tratamento de efluente do município;
- A estação em questão leva a sigla E.P.A.R, sendo: Estação Produtora de Água de Reuso José Toledo Diniz;
- Localizada na Av. Antônio Feliciano da Silva S/N, às margens do rio Paraibuna;
- A tecnologia utilizada para o tratamento na EPAR foi implantada de forma a otimizar o processo, ocupando uma área relativamente menor em comparação com estações convencionais, porém com uma alta capacidade de tratamento;
- O processo de tratamento é composto por diversas etapas, onde o efluente chega a EPAR a partir das Estações Elevatórias de Esgoto bruto (EEE), passando pelos processos de pré-tratamento, reatores tipo UASB, lodos ativados, separação de sólidos, desinfecção do efluente e desidratação do lodo (GS Inima Brasil, 2021).

31

Produto 2 – Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

Instalações da Estação Produtora de Água de Reuso em Paraibuna.

32

Produto 2 – Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

Leito de secagem do lodo na EPAR

- De acordo com a CAEPA, a EPAR de Paraibuna foi projetada para o tratamento de esgoto sanitário do município com uma vazão média igual a 20 L/s, com picos horários de até 33,7 L/s.

33

Produto 2 – Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

Armazenamento do Lodo seco para o descarte adequado.

34

Produto 2 – Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

Monitoramento dos sistemas de tratamento de esgoto no Centro de Comando e Operação.

35

Produto 2 – Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

Estações Elevatórias de Esgoto - EEE em Paraibuna

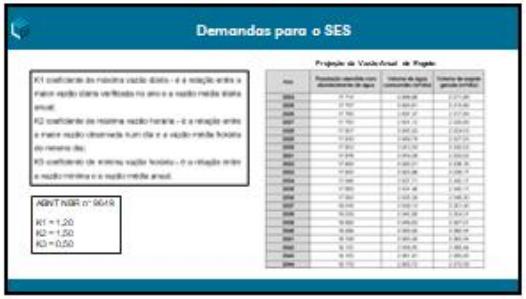
Nome	Endereço	Coordenadas	Início da Operação	Nº de Conjuntos Motobomba	Potência Total (cv)
EEE 1 (EPAR)	Av. Antônio Feliciano da Silva S/N	-23.37613, -45.66773	2020	3	3,5/3,5/3,5
EEE 2 (EPAR)	Av. Antônio Feliciano da Silva S/N	-23.37634, -45.66755	2020	4	5,0/5,0/5,0/ 5,0
EEE Paraíba 5	AV. Antônio Feliciano da Silva	-23.37895, -45.6682	2022	2	7,5/7,5
EEE Central	AV. Bura Rio	23°23'12"S, 45°39'41"W	2022	2	15,0/15,0

36

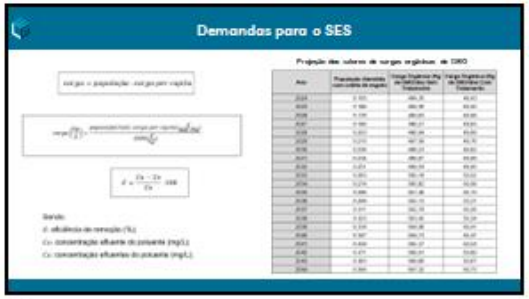
37

38

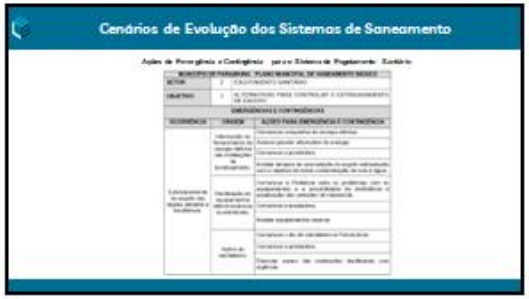
39



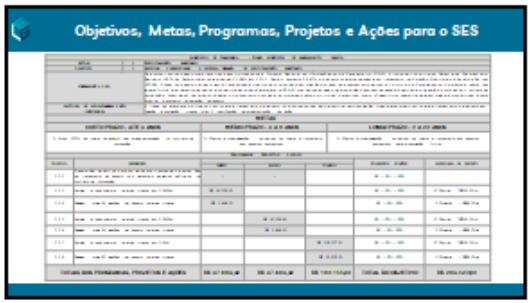
40



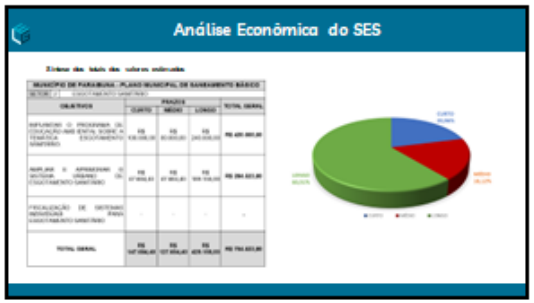
41



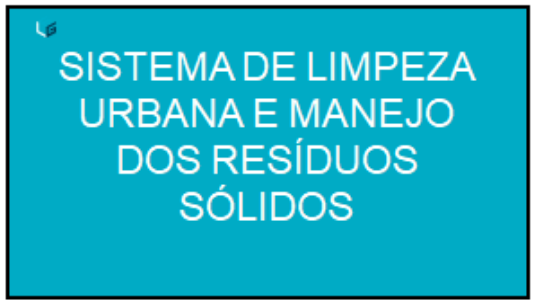
42



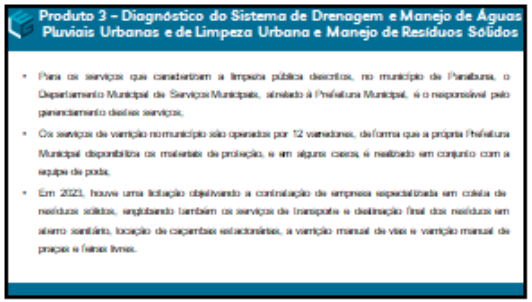
43



44



45

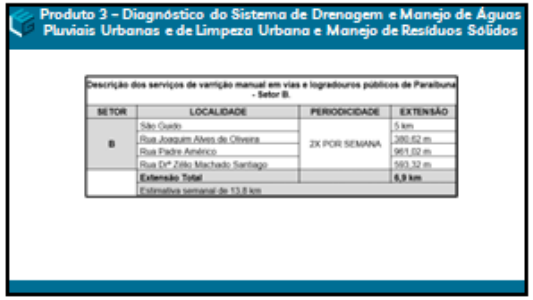


46

47

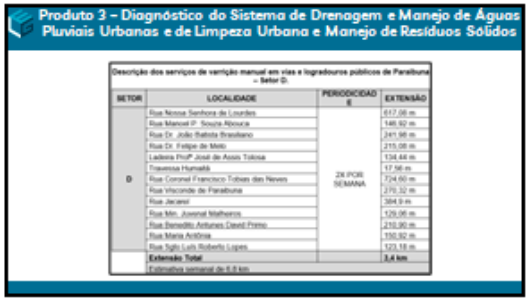
48

49

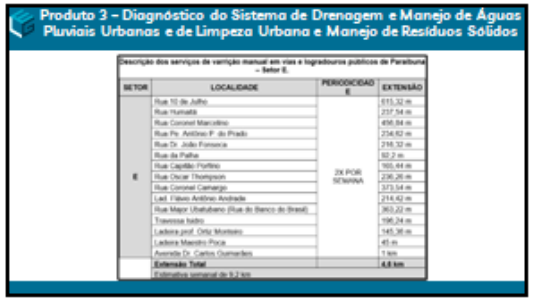


50

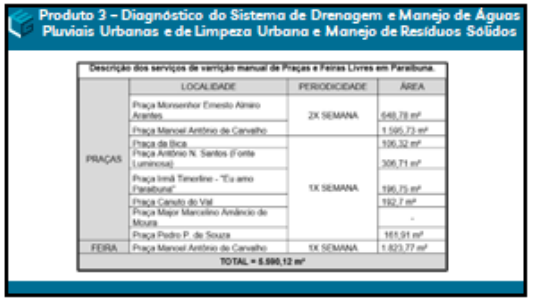
51



52



53



54

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

- A coleta dos resíduos domiciliares são realizados de segunda a sábado;
- Com início na sede do Departamento de Serviços Municipais;
- Finalizando no aterro sanitário localizado na Estrada Municipal Otavio Vieira, Km 4, s/n, na Zona Rural, bairro Captivari/Vianduro em Jambeiro – SP;
- Cobrindo aproximadamente 1.926 km a cada semana;
- O município possui contrato com a empresa UTGR Jambeiro Aterro Sanitário, especializada no tratamento e destinação final dos resíduos sólidos.

55

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

Caminhão compactador utilizado para a coleta dos RDO em Paraibuna.

56

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

Armazenamento dos resíduos recicláveis no Bairro Fartura

57

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

- Paraibuna, de acordo com dados do Painel de Indicadores do SNIS, a massa de resíduos domiciliares e públicos (rdo+rpu) coletada per capita em relação à população total atendida pelo serviço de coleta no ano de 2023, foi de 0,52 kg/hab.dia de resíduos sólidos;
- População atendida com a coleta de RDO – 5.518 pessoas;
- Atendendo a área urbana e parte da área rural do município;
- Média de 270cm³/mês de resíduos domiciliares coletados

Lei Complementar nº 89, de 16 de dezembro de 2021.	Institui no âmbito do Município de Paraibuna/SP, a Tarifa de Manejo de Resíduos Sólidos - TMRS, e dá outras providências.
Lei nº 3.524, de 16 de novembro de 2023.	Aprova o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS e dá outras providências.

58

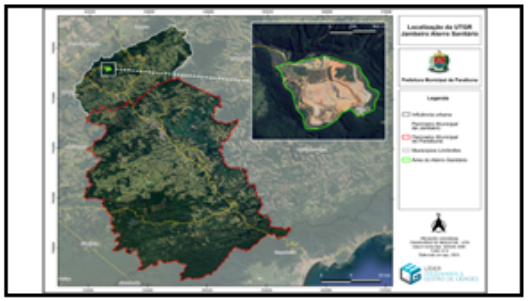
Roteiro semanal do Caminhão 1.
SEGUNDA - FEIRA
Avenida Beira Rio; Avenida Benedito Nogueira Santos; Avenida Coronel Nabor Nogueira Santos; Avenida Dr. Carlos Guimarães (Beira Rio); Avenida Major João Elias Calazans; Avenida São José; Condomínio Renato Bertoni; Cruzeiro; Ladeira Francisco Garcia da Fonseca; Ladeira Professor Ortiz Monteiro; Praça do Mercado; Praça Major Marcelino Arruda de Moura; Praça Manoel Antônio de Carvalho (Largo do Mercado); Praça Monsenhor Ernesto Almeo Arantes (Matriz); Rua 10 de Julho (Rua Nova); Rua Coronel Francisco Tobias das Neves (Monsenhor Dutra); Rua Coronel Martins; Rua Coronel Camargo; Rua Dr. Lincoln Feliciano da Silva; Rua Dr. Felipe de Melo; Rua Dr. Oscar Thompson; Rua Humaitá; Rua Jacareí; Rua Major Soares; Rua Major Ubatubano; Rua Maria Antônia; Rua Padre Antônio Pires do Prado (Rua da Bica); Rua Sebastião Barreto da Silva (bares com frente à Rodovia dos Tamoios - CAS/TELUNHO); Rua Taubaté; Rua Telmo Arnault de Carvalho; Rua Visconde de Paraibuna; Vila Machado (km 28,5 da Rodovia dos Tamoios - Toda quarta); Vila Modesto; Rodovia dos Tamoios - Barraca Verde (sentido Volta).
APROXIMADAMENTE 90KM
TERÇA - FEIRA
Bairro do Alferes Bento; Bairro do Bragança; Campo Redondo; Chorarão ; Colinas; Bairro da Fartura (loteamento Roberto Camargo); Bairro Goiabeira; Bairro Itapeva (área rural); Bairro São Damião; Bairro Santa Edwiges; Bairro São Germano; Bairro Teles I (Vila dos Pássaros); Bairro Teles II; Coleta de resíduos "Pensonha Serranega"; Coleta de resíduos do Condomínio "Quinta dos Lagos"; Coleta de resíduos do restaurante Bela Vista e lanchonete Ovomaltine; Coleta de resíduos do restaurante Fazenda da Comadre.
APROXIMADAMENTE 160KM

59

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

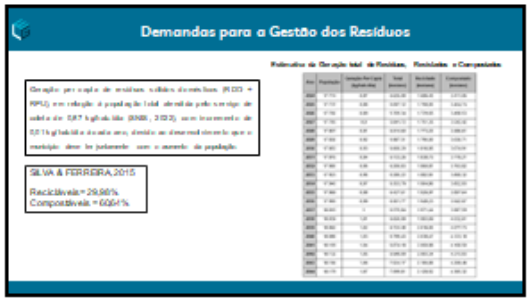
Acesso ao Aterro Sanitário da UTGR Jambeiro.

60

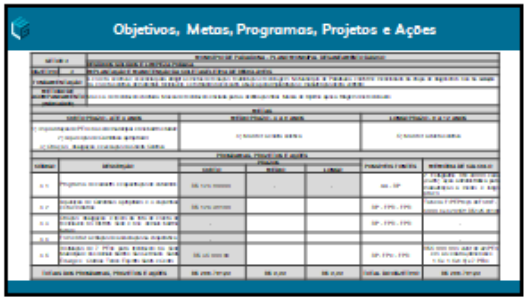


61

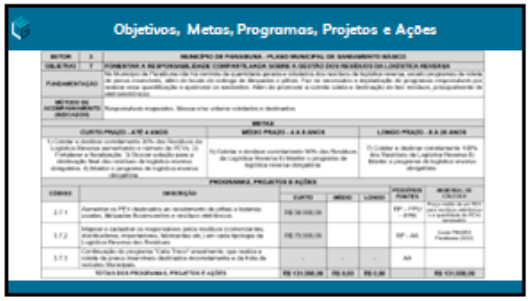
62



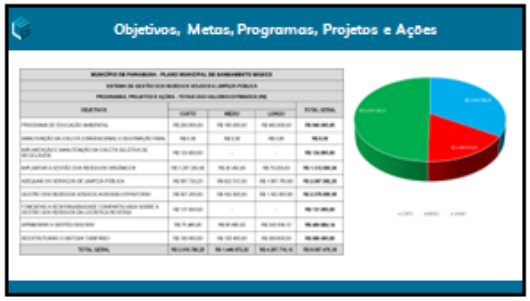
63



64



65



66

PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

67

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

- O município de Paraibuna não dispõe de sistemas específicos para a coleta, tratamento e destinação final de resíduos da construção civil ou volumosos.
- Atualmente não existe um plano estruturado ou políticas específicas voltadas para o gerenciamento desse tipo de resíduo.
- Sendo a responsabilidade do descarte atribuída à própria população, que frequentemente acabam descartando os resíduos de maneira inadequada, em vias públicas ou em locais não autorizados.

68

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

69

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

70

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

- A Lei Complementar nº 89/2021, que institui a Taxa de Manejo de Resíduos Sólidos – TMRS no âmbito do município de Paraibuna/SP, não inclui a prestação dos serviços de varrição de vias e logradouros públicos, remoção de resíduos de serviços de saúde, **resíduos da construção civil** e resíduos industriais, que serão objetos de legislação própria.
- Paraibuna então carece de diretrizes específicas que abranjam o gerenciamento e o manejo dos resíduos sólidos da construção civil.
- Durante a visita técnica realizada no município de Paraibuna, verificou-se que a Prefeitura Municipal dispõe de um local específico para a disposição temporária de resíduos de materiais da construção civil.

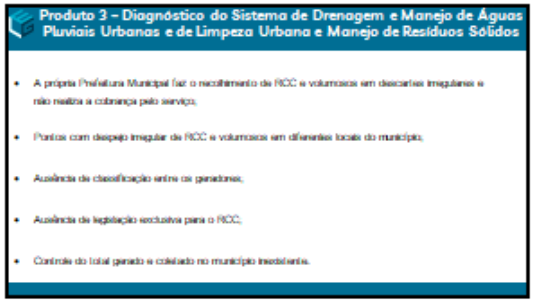
71

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

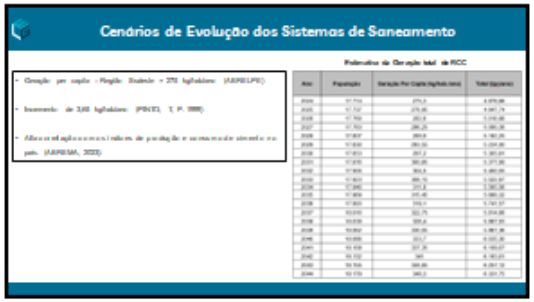
Local de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Paraibuna para o descarte dos RCC.

72

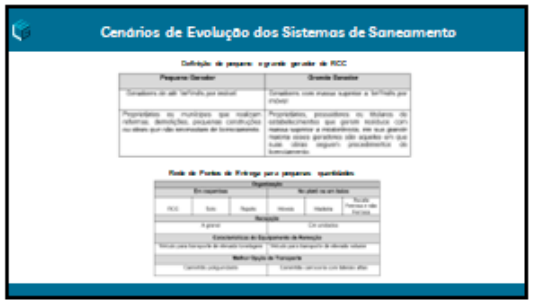
73



74

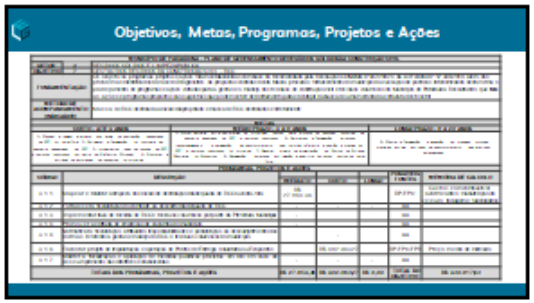


75



76

77



78

4. SISTEMA DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

79

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

- Em fevereiro de 2024, Paraibuna registrou episódios críticos relacionados à drenagem urbana, incluindo a queda de pontes, alagamentos e deslizamentos;
- A situação foi agravada pelo transbordamento do córrego Laranjeira-Lavapés, em um ponto situado no Bairro Vila de Fátima, próximo à Avenida Dr. Lincoln Feliciano da Silva e ao Estádio Municipal Arnaldo Celestino.

80

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

Av. Dr. Lincoln Feliciano da Silva, próximo ao Estádio Municipal, sem a presença de inundação.

81

Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

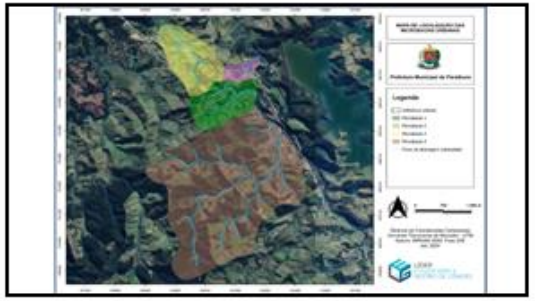
Av. Dr. Lincoln Feliciano da Silva, próximo ao Estádio Municipal, estando inundada.

82

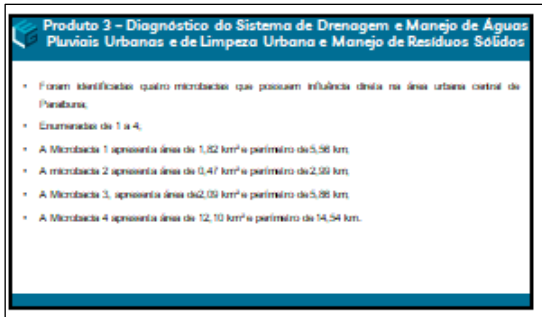
Produto 3 – Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

- Em nível de macrodrenagem, são apresentados a seguir alguns dos principais corpos hídricos (córregos e ribeirões) presentes no território de Paraibuna, além do encontro dos Rios Paraibuna e Paraitinga, que formam o Rio Paraíba do Sul:
  - Córrego Laranjeiras-Lavapés;
  - Córrego Chorrinho;
  - Córrego Varjão;
  - Córrego Espírito Santo;
  - Ribeirão Fartura;
  - Córrego Campo Redondo.

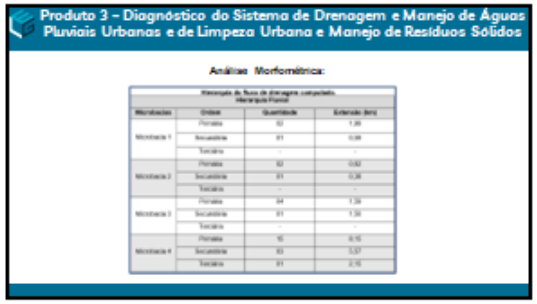
83



84

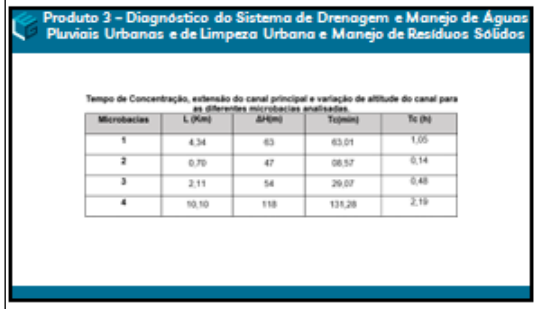


85



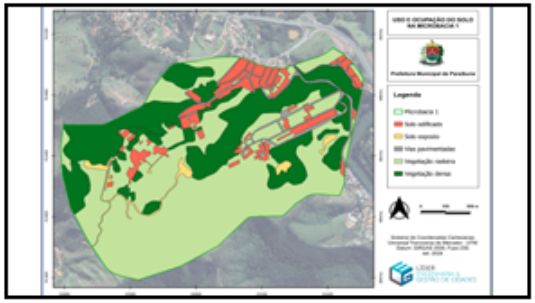
86

87

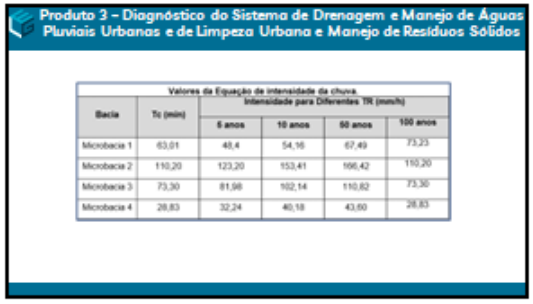


88

89



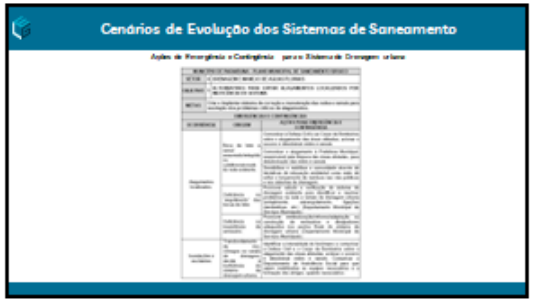
90



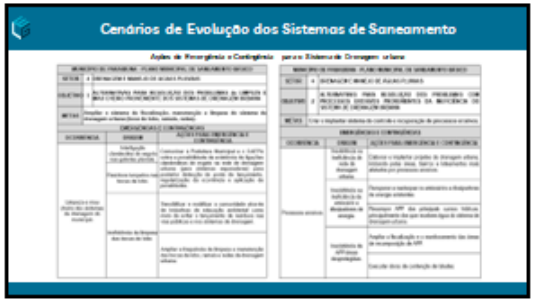
91

92

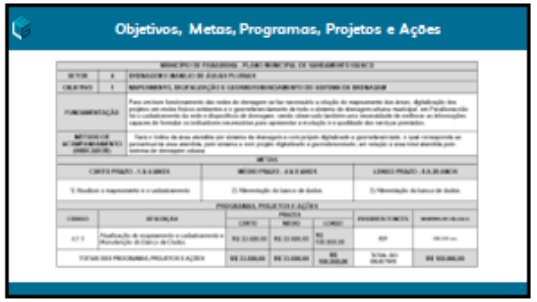
93



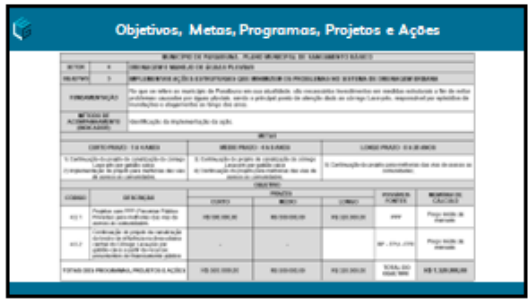
94



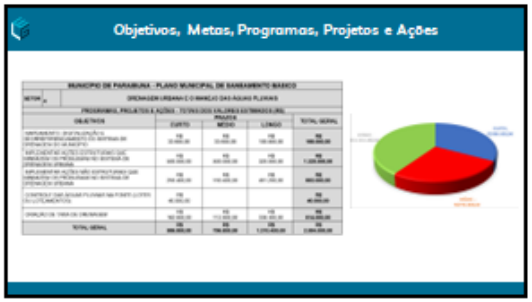
95



96



97



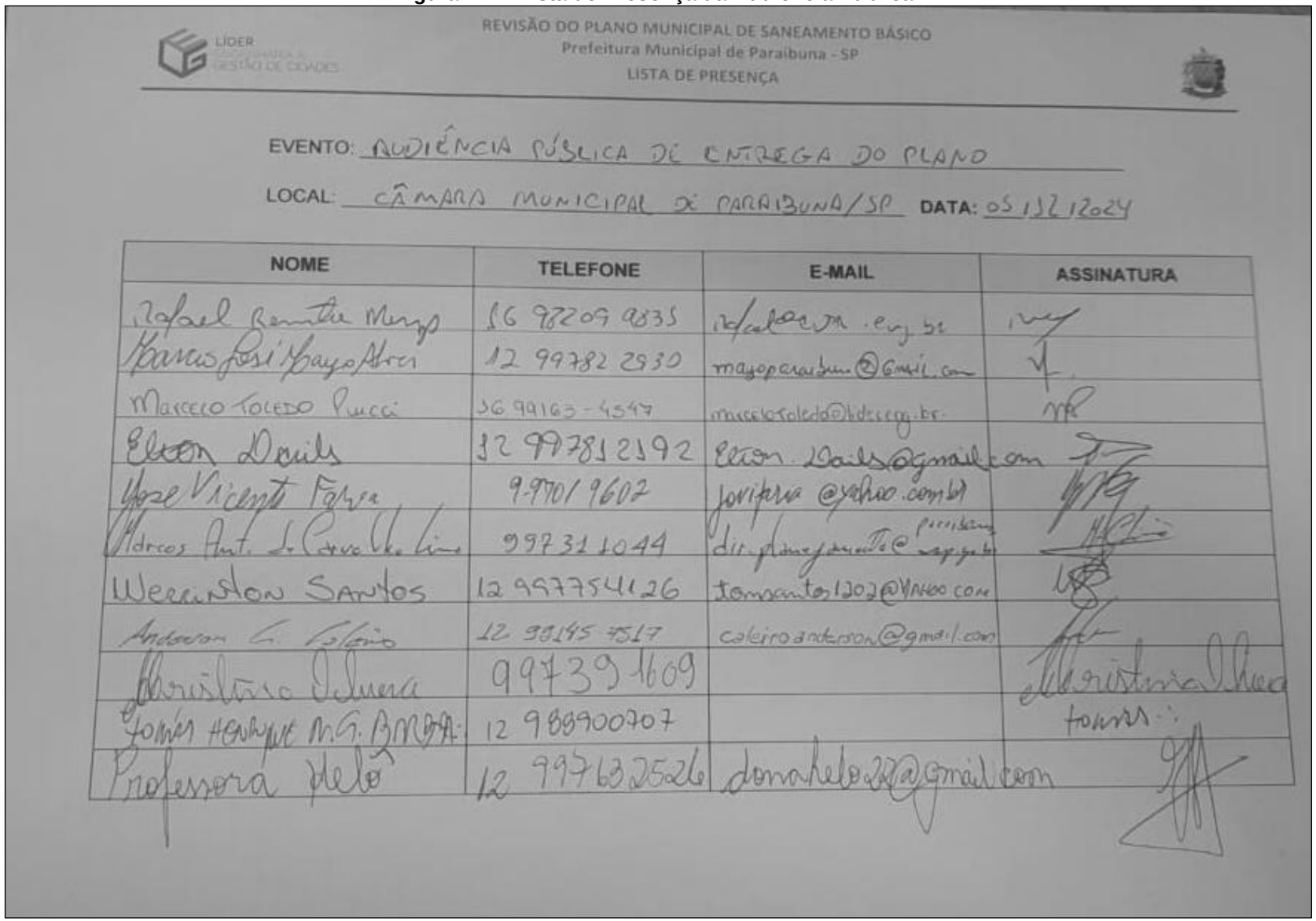
98

99

100

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 144 - Lista de Presença da Audiência Pública.



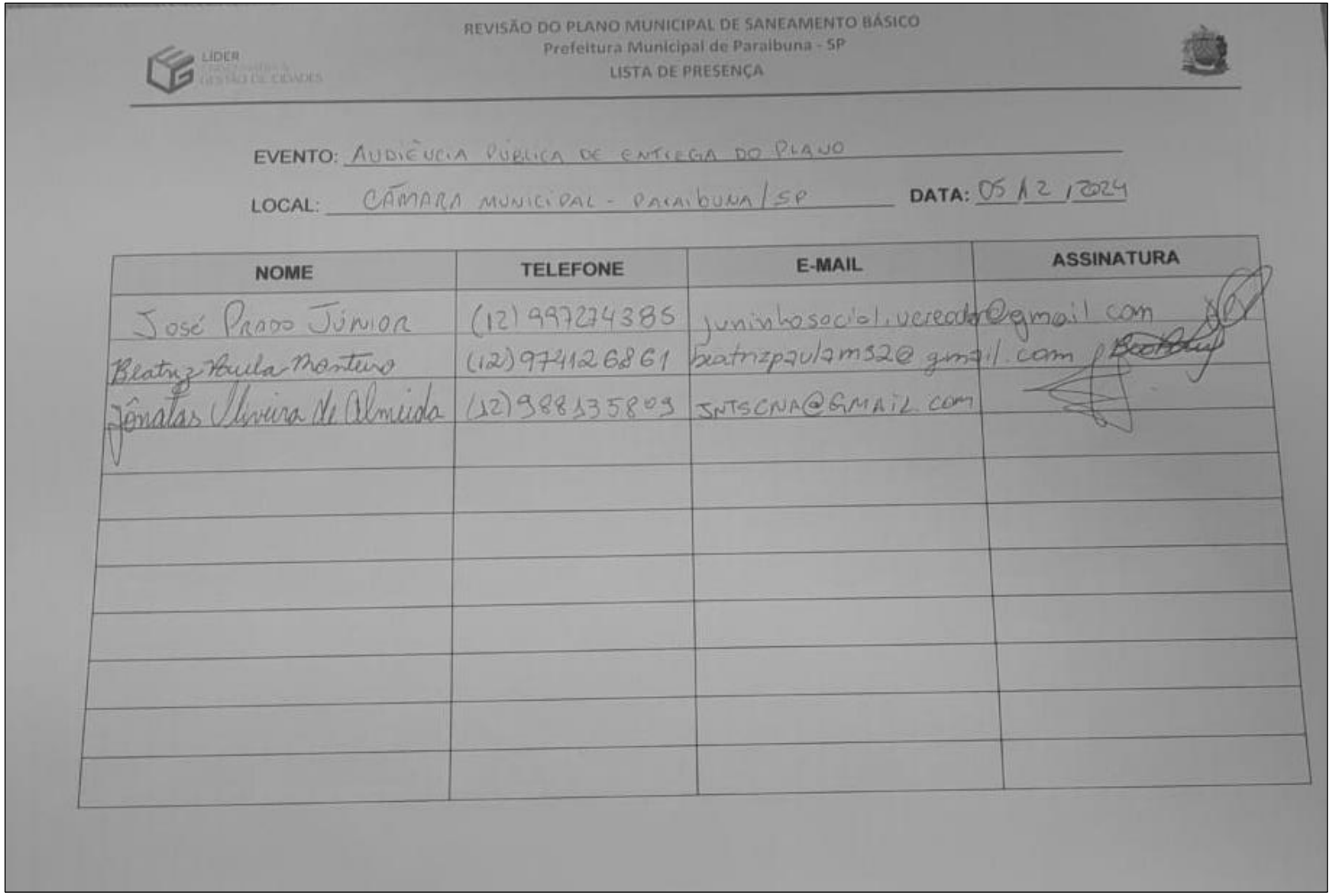
LÍDER
GESTÃO DE CIDADES

REVISÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Prefeitura Municipal de Paraibuna - SP
LISTA DE PRESENÇA

EVENTO: AUDIÊNCIA PÚBLICA DE ENTREGA DO PLANO

LOCAL: CÂMARA MUNICIPAL DE PARAIBUNA/SP DATA: 05/12/2024

NOME	TELEFONE	E-MAIL	ASSINATURA
Rafael Renato Mengo	16 98209 9835	rafaelcova.eng.br	
Marcio José Mayo Alves	12 99782 2930	mayoparaibuna@gmail.com	
Marcelo Toledo Pucci	16 99163-4547	marcelotoledo@lidercgg.br	
Elton Dails	12 997812192	Elton.Dails@gmail.com	
José Vicente Farva	9 9701 9602	jovifaria@yahoo.com.br	
Marcos Ant. de Carvalho Lima	997311044	dir.planejamento@paraibuna.sp.gov.br	
Werrinton Santos	12 997754126	tomsantos1202@yahoo.com	
Anderson G. Caleiro	12 99145 7517	caleiroanderson@gmail.com	
Christina Oliveira	997391609		Christina Oliveira
Tomás Henrique M.G. Barbosa	12 988900707		tomas
Professora Helô	12 997632526	donahelo22@gmail.com	



REVISÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Prefeitura Municipal de Paraibuna - SP
LISTA DE PRESENÇA

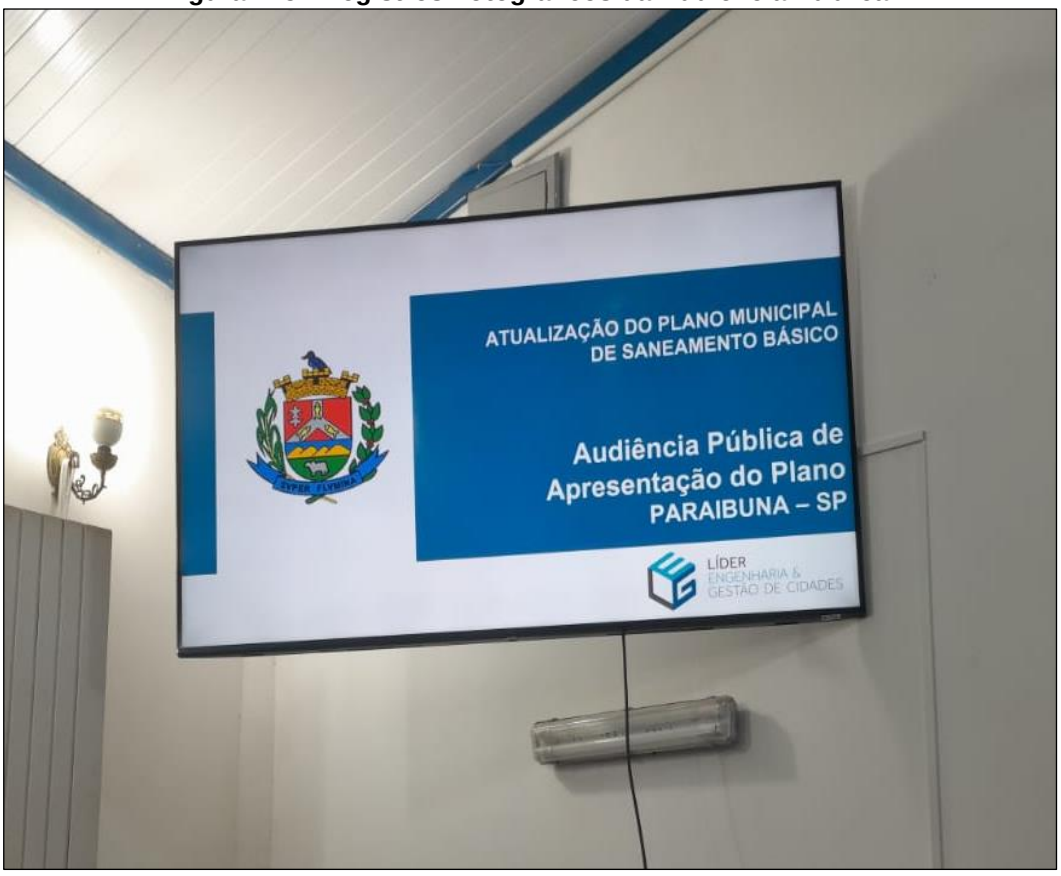
EVENTO: AUDIÊNCIA PÚBLICA DE ENTREGA DO PLANO

LOCAL: CÂMARA MUNICIPAL - PARAIBUNA/SP DATA: 05/12/2024

NOME	TELEFONE	E-MAIL	ASSINATURA
José Prado Júnior	(12) 997274385	juninhosocial.vereador@gmail.com	
Beatriz Paula Monteiro	(12) 974126861	beatrizpaula2m520@gmail.com	
Jônatas Oliveira de Almeida	(12) 988135809	JNTSCNA@GMAIL.COM	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 145 - Registros Fotográficos da Audiência Pública.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

ATA DA AUDIÊNCIA DE APRESENTAÇÃO DO PLANO

No dia 05 de dezembro de 2024, das 19h às 21h, realizou-se na Câmara Municipal de Paraibuna, a audiência pública final da Revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico, PMSB. Estiveram presentes cidadãos do município, alguns vereadores eleitos e reeleitos, a futura Prefeita eleita para início de mandato em 2025, o Diretor do Departamento de Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente Danilo Caneppele, que também compõe a Equipe Técnica Municipal, e os Engenheiros Ambientais Rafael Remoto Menezes e Marcelo de Toledo Pucci, representantes da Líder Engenharia e Gestão de Cidades - LTDA, empresa contratada para a revisão do plano. A condução da apresentação foi feita pelo Engenheiro Rafael, que iniciou com uma breve introdução sobre a Líder Engenharia e Gestão de Cidades - LTDA, abordando os serviços prestados e a expertise de sua equipe técnica. Em seguida, foram detalhados os aspectos do PMSB, com ênfase nos quatro eixos principais do saneamento básico: Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, e Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos, juntamente com a entrega e apresentação simultânea do Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos da Construção Civil, PGRSCC. Durante a explanação, foram apresentados os conceitos, princípios e objetivos do plano, destacando sua relevância para o desenvolvimento ambiental, social e econômico do município. Na sequência, o engenheiro apresentou as ações e propostas que integram os objetivos do plano, com destaque para as previsões do horizonte de vinte anos, abrangendo crescimento populacional, projeções de demanda de água potável, geração de esgoto e resíduos sólidos, medidas necessárias para drenagem urbana e projeções de investimentos, além de uma análise econômica contemplando os quatro eixos do saneamento. Após a exposição, foi aberto espaço para questionamentos e manifestações do público, sendo levantadas questões relacionadas ao abastecimento de água em determinadas regiões do município, relatos sobre a realidade vivenciada por moradores dessas áreas, saneamento em propriedades rurais e vazão de drenagem em trechos hídricos específicos. Todas as questões levantadas foram registradas e consideradas para a conclusão do produto final do plano, com o compromisso de atendimento às demandas apresentadas. A audiência foi encerrada às 21h, com agradecimentos aos participantes pela presença e contribuição.