PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

RELATÓRIO PRELIMINAR

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - MG

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

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

PREFEITURA MUNICIPAL DE ANTÔNIO CARLOS - MG

REVISÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS

RELATÓRIO PRELIMINAR

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA

MARCELO RIBEIRO DA SILVA

PREFEITO MUNICIPAL

EMPRESA DE PLANEJAMENTO CONTRATADA

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES – LTDA ME

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

Guilherme Ribeiro Nogueira
Engenheiro Ambiental
CREA/SP 5070630877

Osmani Vicente Jr.
Arquiteto e Urbanista
Especialista em Gestão Ambiental para Municípios
CAU A23196-7

Leonardo Marçal Café Soares
Engenheiro de Segurança e Meio Ambiente
MSc. Ciências e Tecnologia do Ambiente
CREA/SP 5069102118

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

Rafael Remoto Menezes
Engenheiro Ambiental

Carmen Cecília Marques Minardi
Economista
CORECON/SP 36677

Pedro Henrique Vicente
Engenheiro Civil
CREA/SP 5070395829

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

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

Paulo Guilherme Fuchs
Administrador
CRA/SC 21705

Camilla Stephanie Oliveira
Engenheira Civil

Daniel Borges Couto
Engenheiro Civil
CREA/MG 280529

Paula Evaristo dos Reis de Barros
Advogada
OAB/MG 107.935

Carolina Bavia Ferrucio Bandolin
Assistente Social
CRESS/PR 10.952

Juliano Yamada Rovigati
Geólogo
CREA/PR 109.137/D

EQUIPE TÉCNICA MUNICIPAL

SUMÁRIO

SUMÁRIO 6

LISTA DE FIGURAS 14

LISTA DE TABELAS 17

LISTA DE GRÁFICOS 22

APRESENTAÇÃO 23

INTRODUÇÃO 24

1. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO 25

1.1. Aspectos Regionais, Localização e Acesso 25
1.2. Histórico 27
1.3. Aspectos Ambientais 27
1.3.1. Clima 27
1.3.2. Temperatura 33
1.3.2.1. Precipitação 33
1.3.3. Levantamento da Rede Hidrográfica do Município 34
1.3.4. Geologia 39
1.3.5. Geomorfologia 41
1.3.6. Declividade 43
1.3.7. Solo 46
1.3.8. Vegetação 48
1.4. Aspectos Socioeconômicos 51
1.4.1. Densidade Demográfica 51
1.4.2. Distribuição Etária por gênero 51
1.4.3. Índice de Desenvolvimento Humano - IDH 52
1.4.4. Educação 54
1.4.5. Saúde 56
1.4.6. Razão de dependência, taxa de mortalidade e esperança de vida 56
1.5. Economia 58
1.5.1. Produto Interno Bruto (PIB) 58

1.5.2. Renda 59
1.5.3. Vulnerabilidade Social....60

2. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL 63

2.1. Sistema de Abastecimento de Água....64
2.1.1. Identificação de Mananciais para Abastecimento Futuro....64
2.1.1.1. Mananciais Superficiais 64
2.1.1.2. Mananciais Subterrâneos 65
2.1.2. Regulação de Uso dos Recursos Hídricos 68
2.1.2.1. Segurança Hídrica 69
2.1.3. Descrição dos Sistemas de Abastecimento de Água Atuais....71
2.1.4. Indicadores Operacionais....71
2.1.5. Panorama da Situação Atual dos Sistemas Existentes 74
2.1.5.1. Captação 74
2.1.5.2. Tratamento 76
2.1.5.3. Análise da Ocorrência de Doenças de Veiculação Hídrica 85
2.1.5.4. Reservação....87
2.1.5.5. Distribuição....89
2.1.5.6. Zona Rural....92
São Sebastião de Campolide 95
Dr Sá Fortes....96
Curral Novo 97
2.1.6. Balanço entre Consumos e Demandas de Abastecimento de Água na Área de Planejamento 99
2.1.7. Estrutura de Tarifação, Índice de Inadimplência, Receita Operacional e Indicadores Operacionais 100
2.1.8. Análise Crítica do Sistema de Abastecimento de Água de Antônio Carlos....104
2.2. Sistema de Esgotamento Sanitário....105
2.2.1. Características gerais dos Sistemas de Esgotamento Sanitário....106
2.2.1.1. Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) 106
2.2.2. Corpo Hídrico Receptor....107
2.2.3. Sistemas Individuais 109
2.2.3.1. São Sebastião de Campolide....118

2.2.3.2. Dr. Sá Fortes 118
2.2.3.3. Curral Novo....119
2.2.4. Geração Atual de Esgoto 121
2.2.5. Análise Crítica do Sistema de Esgotamento Sanitário de Antônio Carlos 125
2.3. Sistema de Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos....126
2.3.1. Classificação de Resíduos 128
2.3.2. Inventários de Resíduos Gerados no Município 130
2.3.2.1. Limpeza Pública 130
2.3.2.2. Resíduos Domiciliares 134
2.3.2.3. Coleta Seletiva....135
2.3.2.4. Resíduos da Construção Civil....136
2.3.2.5. Resíduos dos Serviços de Saúde 140
2.3.2.6. Resíduos Industriais 144
2.3.2.7. Resíduos de Atividades Agrossilvopastoris....145
2.3.2.8. Resíduos com Logística Reversa Obrigatória 146
Resíduos Eletrônicos....149
Pilhas e Baterias 151
Lâmpadas Fluorescentes, de Vapor de Sódio, Mercúrio e Luz Mista ..153
Pneus Inservíveis 155
Embalagens de Agrotóxicos 156
Resíduos de Óleos Lubrificantes 160
2.3.3. Destinação Final e Medidas Mitigatórias 161
2.3.4. Análise Financeira....165
2.3.5. Análise Crítica do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos....167
2.4. Sistema De Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais 168
2.4.1. Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas....168
2.4.2. Caracterização das Microbacias Urbanas 171
2.4.2.1. Análise Morfométrica 173
2.4.2.2. Análise Linear 174
2.4.2.3. Análise Areal....175
2.4.2.4. Análise Hipsométrica 177
2.4.3. Estudos Hidrológicos 180

2.4.3.1. Índices Físicos 180
2.4.3.2. Permeabilidade dos Solos 182
2.4.3.3. Uso e Ocupação do Solo Urbano....182
2.4.3.4. Chuvas Intensas 189
2.4.3.5. Métodos para Cálculos da Vazão 191
Método I-PAI-WU 192
2.4.4. Erosão 196
2.4.5. Indicadores de Drenagem 198
2.4.6. Sistemas de Macrodrenagem....198
2.4.7. Sistemas de Microdrenagem....200
2.4.8. Análise Crítica do Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais 202

3. PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO 203

3.1. Sistema de Abastecimento de Água – SAA....210
3.1.1. Projeção de Demanda....210
3.1.2. Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada....214
3.1.3. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Abastecimento de Água. 216
3.1.1. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o SAA 222
3.1.1.1. Objetivo 1 – Implementação do Programa de Educação Ambiental 223
3.1.1.1. Objetivo 2 – Ampliar e Aprimorar o Sistema de Abastecimento de Água na Zona Urbana....226
3.1.1.1. Objetivo 3 - Aprimorar o Sistema de Abastecimento de Água na Zona Rural 229
3.1.1. Análise Econômica....232
3.2. Sistema de Esgotamento Sanitário - SES 236
3.2.1. Projeção da Vazão Anual de Esgoto 236
3.2.2. Cargas de Concentração 238
3.2.2.1. Matéria Orgânica- Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO....239
3.2.2.2. Coliformes Termotolerantes....241
3.2.3. Comparação das Alternativas de Tratamento dos Esgotos 242

3.2.4. Definição de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada 244
3.2.5. Sistemas Individuais 244
3.2.5.1. Descrição de Tecnologias Sociais de Saneamento Básico 252
3.2.5.1.1. Fossa Séptica Biodigestora – FSB 253
3.2.5.1.2. Sistema de Zona de Raízes 255
3.2.5.1.3. Círculo de Bananeiras 258
3.2.5.1.4. Bacias de Evapotranspiração ou Fossas Verdes 260
3.2.5.2. Localização da Estação de Tratamento de Esgoto 262
3.2.6. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Esgotamento Sanitário 264
3.2.7. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o SES 268
3.2.7.1. Objetivo 1 - Implementação do Programa de Educação Ambiental 269
3.2.7.2. Objetivo 2 – Ampliar e Aprimorar o Sistema de Esgotamento Sanitário.....272
3.2.7.1. Objetivo 3 – Ampliar e Aprimorar os Sistemas Rurais de Esgotamento Sanitário 275
3.2.1. Análise Econômica.....278
3.3. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.....280
3.3.1. Estimar a produção de lixo e percentuais de atendimento pelo sistema de limpeza urbana, com base nos resultados dos estudos demográficos.280
3.3.1.1. Formas de coleta e transporte dos resíduos, com a incorporação dos conceitos de minimização na fonte, visando o conceito de gerenciamento sustentável 285
3.3.1.2. Coleta Convencional de Resíduos Sólidos 286
3.3.1.3. Guarnições de Coleta 290
3.3.1.4. Regularidade, Frequência e Setorização da Coleta 296
3.3.1.5. Acondicionamento e Apresentação para a Coleta 299

3.3.1.6. Veículos para a Coleta Convencional de Resíduos Sólidos Domiciliares 301
3.3.1.7. Coleta Seletiva.....304
3.3.1.8. Formas de Execução da Coleta Seletiva 309
3.3.1.9. Veículos utilizados para a Coleta Seletiva 313
3.3.1.10. Guarnição da Coleta de Reciclável 313
3.3.1.10.1. Triagem dos Resíduos Recicláveis 314
3.3.2. Centros de Tratamento de Resíduos Orgânicos - Unidades de Compostagem 318
3.3.2.1. Destinação Final 324
3.3.2.1.1. Destinação Final dos Resíduos da Coleta Seletiva 329
3.3.2.1.2. Disposição Final dos Resíduos da Coleta Domiciliar e Comercial 330
3.3.2.2. Resíduos da Limpeza Pública.....335
3.3.2.2.1. Varrição e Manutenção de Vias e Logradouros Públicos 337
3.3.2.2.2. Limpeza de Feiras 340
3.3.2.2.3. Limpeza de Eventos Festivos 341
3.3.2.2.4. Limpeza de Praças e Jardins 342
3.3.2.2.5. Roçada, Capina e Poda 343
3.3.2.2.6. Limpeza de Bocas de Lobo, Galerias e Valas de Drenagem 346
3.3.2.3. Resíduos dos Serviços de Saúde – RSS 348
3.3.2.4. Resíduos da Construção Civil - RCC 351
3.3.3. Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR e Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR.....353

3.3.4. Regras para o Transporte de Resíduos Sólidos 359
3.3.5. Definição das Responsabilidades Quanto á sua Implementação e Operacionalização 362
3.3.5.1. Resíduos Sólidos Domiciliares 364
3.3.5.2. Resíduos de Serviço de Saúde - RSS 366
3.3.5.3. Resíduos Sólidos com Logística Reversa 367
3.3.5.4. Programa de Especialização e Operacionalização 369
3.3.5.4.1.Objetivo 369
3.3.5.5. Conteúdo Mínimo 370
3.3.6. Educação Ambiental 372
3.3.6.1. Espaços Formais de Ensino 373
3.3.6.2. Espaços Não Formais de Ensino 374
3.3.6.3. 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 375
3.3.7. Mecanismos para a Criação de Fontes de Negócios, Emprego e Renda, Mediante a Valorização dos Resíduos Sólidos 379
3.3.8. 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 383
3.3.8.1. Modelo de Tarifa 392
3.3.9. Medidas de Redução, Reutilização, Coleta Seletiva e Reciclagem, entre outras, com Vistas a Reduzir a Quantidade de Rejeitos Encaminhados para Disposição Final Ambientalmente Adequada 395
3.3.9.1. Resíduos Recicláveis 395
3.3.9.2. Resíduos Orgânicos 397
3.3.10. Descrição das Formas e dos Limites da Participação do Poder Público Local na Gestão dos Resíduos Sólidos 399
3.3.11. 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 403

3.3.12. Ações de Emergência e Contingencia para o Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos 406
3.3.13. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos 410
3.3.14. Objetivo 1 – Implementação do Programa de Educação Ambiental 411
3.3.15. Objetivo 2 – Manutenção e Aprimoramento da Coleta Convencional 414
3.3.16. Objetivo 3 – Gestão de Resíduos Orgânicos 416
3.3.17. Objetivo 4 – Implantar e Manter a Coleta Seletiva 419
3.3.18. Objetivo 5 - Adequar os Serviços de Limpeza Pública.....423
3.3.19. Objetivo 6 - Gestão Dos Resíduos Sólidos da Construção Civil – RCC 426
3.3.20. Objetivo 7 - Gestão de Resíduos Sólidos Agrossilvopastoris.....429
3.3.21. Objetivo 8 - Fomentar a Responsabilidade Compartilhada Sobre a Gestão dos Resíduos da Logística Reversa 432
3.3.22. Objetivo 9 – Aprimorar a Gestão dos RSS.....435
3.3.23. Objetivo 10 - Destinação Final.....438
3.3.1. Objetivo 11 – Reestruturar o Sistema Tarifário.....441
3.3.1. Análise Econômica.....444
3.5.1.1. Objetivo 2 – Implementar Ações Não-Estruturais que Minimizem os Problemas no Sistema de Drenagem Urbana 487
3.5.1.1. Objetivo 3 – Implementar Medidas Estruturais que Minimizem os Problemas de Drenagem Urbana.....490
3.5.1.1. Objetivo 4 – Controle de Águas Pluviais na Fonte 493
3.5.1.1. Objetivo 5 - Implantação da Taxa de Drenagem 496
3.5.1. Análise Econômica.....499

5. ANÁLISE GLOBAL DOS INVESTIMENTOS PREVISTOS PARA UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO.....509

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....511

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Localização de Antônio Carlos – MG.....26
Figura 2 - Zoneamento climático do Estado de Minas Gerais. 30
Figura 3 – Mapa climático de Antônio Carlos. 32
Figura 4 - Bacias do Estado de Minas Gerias. 35
Figura 5 - Unidades de Planejamento e Gestão - GD2. 36
Figura 6 - Mapa de hidrografia de Antônio Carlos - MG. 38
Figura 7 - Mapa geológico de Antônio Carlos - MG.....40
Figura 8 - Mapa geomorfológico de Antônio Carlos - MG.....42
Figura 9 - Mapa de declividade de Antônio Carlos - MG. 44
Figura 10 - Mapa de hipsometria de Antônio Carlos - MG.....45
Figura 11 - Mapa de pedologia de Antônio Carlos - MG.....47
Figura 12 - Mapa de vegetação de Antônio Carlos - MG.....50
Figura 13 - Posição do IDH do município no Estado. 53
Figura 14 - Educação no município.....55
Figura 15 - Comparativo de fluxo escolar entre Brasil, Minas Gerais (UF) e Antônio Carlos. 55
Figura 16 – Sistema aquífero correspondente a área do Município de Antônio Carlos – MG.....67
Figura 17 - Estação de Tratamento de Água do Município de Antônio Carlos..76
Figura 18 - Etapas de tratamento convencional de uma ETA.....77
Figura 19 - Mapa de localização dos reservatórios de água da Sede do Município de Antônio de Carlos.....88
Figura 20 – Registros fotográficos dos reservatórios de água.....89
Figura 21 - Mapa de localização das Comunidades rurais do Município de Antônio Carlos - MG.....94
Figura 22 - Localização dos dispositivos de água da Comunidade São Sebastião de Campolide. 95
Figura 23 - Registros fotográficos do ponto de captação e da ETA.....96
Figura 24 - Esquema de tratamento de água subterrânea com cloração simples.....96

Figura 25 - Mapa de localização dos dispositivos de água da Comunidade Dr. Sá Fortes. 97
Figura 26 - Registros fotográficos do poço de captação e da EAT. 97
Figura 27 - Mapa de localização dos dispositivos de água da Comunidade Curral Novo. 98
Figura 28 - Registro fotográfico da caixa d'água na Comunidade Curral Novo. 98
Figura 29 - Classificação do acesso ao Serviço de Esgotamento Sanitário. ..105
Figura 30 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas. 111
Figura 31 – Sistema de tratamento individual – Valas de Infiltração. 112
Figura 32 – Sistema individual de tratamento – Sumidouro. 113
Figura 33 – Estação Compacta de Tratamento de Esgotos Sanitários. 114
Figura 34 - Mapa de localização dos pontos de esgotamento sanitário da área urbana de Antônio Carlos. 116
Figura 35 - Registros fotográficos dos pontos de esgotamento sanitário. 117
Figura 36 - Ponto de esgotamento identificado no Rio das Mortes na Comunidade São Sebastião de Campolide. 118
Figura 37 - Ponto de esgotamento sanitário identificado na Comunidade Dr. Sá Fortes. 119
Figura 38 - Ponto de esgotamento sanitário identificado na Comunidade Curral Novo. 120
Figura 39 - Locais com boa execução dos serviços de varrição, capina e poda. 132
Figura 40 - Local onde é despejado os resíduos dos serviços de poda, capina e roçagem. 132
Figura 41 - Placa da Prefeitura Municipal com o aviso de proibido descarte de lixo e entulho na Estação de Transbordo Municipal. 133
Figura 42 - Caminhão compactador para a coleta de RDO. 134
Figura 43 - Recipiente para o acondicionamento de resíduos sólidos. 135
Figura 44 - Materiais presentes nos resíduos da construção civil. 138
Figura 45 - Local irregular com deposição de RCC. 140
Figura 46 - Local de armazenamento dos resíduos de saúde. 143
Figura 47 - Resíduos com logística reversa obrigatória. 146

Figura 48 - Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. 147
Figura 49 - Fluxo simplificado de resíduos nos sistemas de logística reversa. 148
Figura 50 - Ciclo da logística reversa dos eletroeletrônicos e seus componentes. 150
Figura 51 - Ciclo da logística reversa de pilhas e baterias. 152
Figura 52 - Ciclo da logística reversa de lâmpadas inservíveis. 154
Figura 53 - Ciclo da logística reversa de pneus inservíveis. 156
Figura 54 - Ciclo da logística reversa das embalagens de agrotóxico. 158
Figura 55 - Ciclo da logística reversa de óleos lubrificantes. 160
Figura 56 - Exemplo de lixão. 162
Figura 57 - Exemplo de aterro controlado. 162
Figura 58 - Exemplo de aterro sanitário. 163
Figura 59 - Mapa de Localização da Estação de Transbordo Municipal. 164
Figura 60 - Registro de imagem aérea da Estação de Transbordo Municipal de Antônio Carlos. 165
Figura 61 - Dispositivos de microdrenagem no Município de Antônio Carlos. 169
Figura 62 - Mapa das microbacias de influência na área urbana do Município de Antônio Carlos. 172
Figura 63 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 1. 184
Figura 64 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 2. 185
Figura 65 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 3. 186
Figura 66 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo das Microbacias de Influência na Área Urbana do Município de Antônio Carlos. 187
Figura 67 - Determinação da largura média da bacia. 194
Figura 68 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K). 195
Figura 69 - Áreas irregulares. 199
Figura 70 - Macrodrenagem em Antônio Carlos. 200
Figura 71 - Dispositivo de drenagem. 201

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PRECIPITAÇÃO EM ANTÔNIO CARLOS. 34
TABELA 2 - CLASSES DE DECLIVIDADE COM INDICAÇÕES GERAIS DA ADEQUABILIDADE E RESTRIÇÕES PARA O PLANEJAMENTO. 43
TABELA 3 - SÉRIE HISTÓRICA DO ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO - IDH. 52
TABELA 4 – IDH NOS COMPONENTES NOS CENSOS DE 2000 E 2010 PARA O MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS. 53
TABELA 5 - CENSO ESCOLAR DE 2021 PARA O MUNICÍPIO. 54
TABELA 6 - SERVIÇOS DE SAÚDE OFERECIDOS NO MUNICÍPIO. 56
TABELA 7 – ESTRUTURA ETÁRIA DA POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS. 57
TABELA 8 – TAXA DE MORTALIDADE INFANTIL E ESPERANÇA DE VIDA AO NASCER NO MUNICÍPIO. 58
TABELA 9 - QUANTITATIVO DE CADA CATEGORIA DE ATIVIDADE ECONÔMICA NO MUNICÍPIO. 58
TABELA 10 - CLASSIFICAÇÃO PELA RENDA DOMICILIAR PER CAPITA NO MUNICÍPIO 60
TABELA 11 - CLASSIFICAÇÃO COM BASE NO CADÚNICO DO GOVERNO FEDERAL NO MUNICÍPIO. 60
TABELA 12 - VULNERABILIDADE SOCIAL DO MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS. 61
TABELA 13 – RESUMO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DAS SUB-BACIAS DA BACIA DO RIO DAS MORTES. 65
TABELA 14 – SÍNTESE DAS VAZÕES OUTORGADAS NAS SUB-BACIAS E BACIA DO RIO DAS MORTES. 69
TABELA 15 - SISTEMA DE INDICADORES DO SNIS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DO SAA. 72
TABELA 16 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO URBANO. 74
TABELA 17 - APRESENTAÇÃO QUANTITATIVA DAS ANÁLISES EXIGIDAS PELA PORTARIA N°05/2017 - MS. 79
TABELA 18 - PADRÃO MICROBIOLÓGICO DE POTABILIDADE DA ÁGUA. 80
TABELA 19 - PARÂMETROS BÁSICOS DE ACEITAÇÃO PARA O CONSUMO HUMANO. 82
TABELA 20 - DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA. 86

TABELA 21 - COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE PERDAS MUNICIPAL, ESTADUAL E NACIONAL. 91
TABELA 22 - VOLUME, FATURADO E PRODUZIDO EM ANTÔNIO CARLOS.....99
TABELA 23 - INDICADORES DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - SAA.....101
TABELA 24 - COMPARATIVO DE VALORES PRATICADOS. 102
TABELA 25 - GERAÇÃO ATUAL DE ESGOTOS DOMÉSTICOS.....122
TABELA 26 - PROJEÇÃO DA CARGA ORGÂNICA. 124
TABELA 27 - QUANTIDADE DE RESÍDUOS GERADOS NAS REGIÕES DO BRASIL NO ANO DE 2020.....126
TABELA 28 - DEFINIÇÃO E TIPOS DE SERVIÇOS QUE CARACTERIZAM A LIMPEZA PÚBLICA. 130
TABELA 29 - COMPOSIÇÃO MÉDIA DO RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL. 138
TABELA 30 - MASSA E TAXA DE RSS COLETADA EM RELAÇÃO À POPULAÇÃO URBANA E A QUANTIDADE TOTAL COLETADA.....144
TABELA 31 - ANÁLISE FINANCEIRA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE ANTÔNIO CARLOS.....165
TABELA 32 - HIERARQUIA DO FLUXO DE DRENAGEM COMPUTADO. 174
TABELA 33 – DADOS EXTRAÍDOS DAS MICROBACIAS. 178
TABELA 34 - TEMPO DE CONCENTRAÇÃO PARA AS DIFERENTES MICROBACIAS. 181
TABELA 35 - CLASSES DE USO DO SOLO UTILIZADAS POR MICROBACIA. 183
TABELA 36 - COEFICIENTES DA EQUAÇÃO DA CHUVA. 189
TABELA 37 - VALORES DA EQUAÇÃO DE INTENSIDADE DA CHUVA. 190
TABELA 38 - VALORES PARA DETERMINAÇÃO DE C2.....195
TABELA 39 - VAZÕES PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO PELO MÉTODO I-PAI-WU.....196
TABELA 1 – POPULAÇÃO TOTAL DO MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS. 204
TABELA 2 – PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO ATÉ O ANO 2043. 209
TABELA 3 - DEMANDAS PARA O SAA. 213
TABELA 4 - AÇÕES PARA EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS REFERENTES AO ABASTECIMENTO EMERGENCIAL/TEMPORÁRIO DE ÁGUA. 217
TABELA 5 - AÇÕES PARA EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS REFERENTES ABASTECIMENTO EMERGENCIAL/TEMPORÁRIO DE ÁGUA. 219

TABELA 6 - AÇÕES PARA EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS REFERENTES ABASTECIMENTO EMERGENCIAL/TEMPORÁRIO DE ÁGUA. 221
TABELA 7 - SÍNTESE DO OBJETIVO 1. 224
TABELA 8 - SÍNTESE DO OBJETIVO 2. 227
TABELA 9 - SÍNTESE DO OBJETIVO 3. 230
TABELA 10 - SÍNTESE DOS TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS. 233
TABELA 11 - DISTINÇÃO DE CUSTOS DE OPERAÇÃO E INVESTIMENTOS PARA A UNIVERSALIZAÇÃO. 234
TABELA 12 - PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO. 237
TABELA 13 - VALORES DE CARGAS ORGÂNICAS DE DBO. 240
TABELA 14 - VALORES DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES. 241
TABELA 15 - AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA PARA O EXTRAVASAMENTO DE ESGOTO EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS. 264
TABELA 16 - AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA PARA O ROMPIMENTO DE LINHAS DE RECALQUE, COLETORES, INTERCEPTORES E EMISSÁRIOS. 265
TABELA 17 - AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA PARA OCORRÊNCIA DE RETORNO DE ESGOTO EM IMÓVEIS. 266
TABELA 18 - AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGENCIA PARA VAZAMENTOS E CONTAMINAÇÃO DE SOLO, CURSO HÍDRICO OU LENÇOL FREÁTICO POR FOSSAS. 266
TABELA 19 - TABELA SÍNTESE DO OBJETIVO 1. 270
TABELA 20 - TABELA SÍNTESE DO OBJETIVO 2. 273
TABELA 21 - TABELA SÍNTESE DO OBJETIVO 3. 276
TABELA 22 - ANALISE DE INVESTIMENTO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO. 278
TABELA 23 – PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO DE LIXO E PERCENTUAIS DE ATENDIMENTO PELO SISTEMA DE LIMPEZA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS. 281
TABELA 24 – ESTIMAVA DA GERAÇÃO E DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS RECICLADOS, COMPOSTADOS E ATERRADOS. 282
TABELA 25 - TREINAMENTOS PARA OS COLABORADORES DO SERVIÇO DE LIMPEZA PÚBLICA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 293
TABELA 26 - EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA MÍNIMO. 295
TABELA 27 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DA COLETA CONVENCIONAL NOTURNA DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 298

TABELA 28 - RECOMENDAÇÕES PARA A COLETA CONVENCIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 298
TABELA 29 - FORMAS DE SEGREGAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 307
TABELA 30 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS DIFERENTES TIPOS DE EXECUÇÃO DA COLETA SELETIVA. 310
TABELA 31 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM. 324
TABELA 32 - TIPOS DE RESÍDUOS, ORIGEM E RESPONSABILIDADE. 326
TABELA 33 - ETAPAS DO PROCESSO DE RECICLAGEM DOS MATERIAIS. 329
TABELA 34 - CRITÉRIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO. 332
TABELA 35 - INFRAESTRUTURA BÁSICA PARA A INSTALAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS. 334
TABELA 36 - PROPOSTA DE FREQUÊNCIA PARA O SERVIÇO DE VARRIÇÃO PÚBLICA...339
TABELA 37 - RESPONSABILIDADES DOS GESTORES PÚBLICOS E PRIVADOS QUANTO AO MANEJO DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS DE RESÍDUOS. 364
TABELA 38 - PRINCIPAIS ESTRUTURAS E EQUIPAMENTOS QUE CONSTAM NO SISTEMA DE LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 389
TABELA 39 - AÇÕES DE EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS - RESÍDUOS SÓLIDOS. 407
TABELA 40 - SÍNTESE DO OBJETIVO 1. 412
TABELA 41 - SÍNTESE DO OBJETIVO 2. 415
TABELA 42 - SÍNTESE DO OBJETIVO 3. 417
TABELA 43 - SÍNTESE DO OBJETIVO 4. 421
TABELA 44 - SÍNTESE DO OBJETIVO 5. 424
TABELA 45 - SÍNTESE DO OBJETIVO 6. 427
TABELA 46 - SÍNTESE DO OBJETIVO 7. 430
TABELA 47 - SÍNTESE DO OBJETIVO 8. 433
TABELA 48 - SÍNTESE DO OBJETIVO 9. 436
TABELA 49 - SÍNTESE DO OBJETIVO 10. 439
TABELA 50 - SÍNTESE DO SISTEMA TARIFÁRIO. 442
TABELA 51 - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS. 445
TABELA 52 - AÇÕES PARA EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS REFERENTES A OCORRÊNCIA DE ALAGAMENTOS, INUNDAÇÕES E ENCHENTES. 481
TABELA 53 - AÇÕES PARA EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS REFERENTES A ALTERNATIVAS PARA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS COM PROCESSOS EROSIVOS. 482

TABELA 54 - AÇÕES PARA EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS REFERENTES A ALTERNATIVAS PARA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS.....482
TABELA 55 - TABELA SÍNTESE DO OBJETIVO 1.....486
TABELA 56 - TABELA SÍNTESE DO OBJETIVO 2.....488
TABELA 57 - TABELA SÍNTESE DO OBJETIVO 3.....491
TABELA 58 - TABELA SÍNTESE DO OBJETIVO 4.....494
TABELA 59 - TABELA SÍNTESE DO OBJETIVO 5.....497
TABELA 60 - TABELA SÍNTESE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS PARA O SETOR 4. 499
TABELA 61 - ANÁLISE GLOBAL. 510

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - MÉDIA DE TEMPERATURAS E PRECIPITAÇÃO EM ANTÔNIO CARLOS. 33
GRÁFICO 2 - PRODUTO INTERNO BRUTO - PIB. 59
GRÁFICO 3 - EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS. 204
GRÁFICO 4 - GRÁFICO COM TAXA DE CRESCIMENTO URBANO. 205
GRÁFICO 5 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CRESCIMENTO POPULACIONAL PELO IBGE E A CURVA LINEAR. 206
GRÁFICO 6 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CRESCIMENTO POPULACIONAL PELO IBGE E A CURVA POTENCIAL. 206
GRÁFICO 7 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CRESCIMENTO POPULACIONAL PELO IBGE E A CURVA EXPONENCIAL. 207
GRÁFICO 8 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CRESCIMENTO POPULACIONAL PELO IBGE E A CURVA LOGARÍTMICA. 207
GRÁFICO 9 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CRESCIMENTO POPULACIONAL PELO IBGE E A CURVA POLINOMIAL. 208

APRESENTAÇÃO

Este documento corresponde à elaboração da etapa de Diagnóstico da Situação Atual de Saneamento Básico de Antônio Carlos – MG, referente ao contrato n° 080/2022.

A revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB, abrange o conjunto de serviços de infraestruturas e instalações dos setores de saneamento básico, que, por definição, engloba o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos e a drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas.

O Plano de Saneamento Básico do Município de Antônio Carlos visa estabelecer um planejamento das ações de saneamento no município, atendendo aos princípios da Política Nacional de Saneamento Básico - Lei n° 11.445/2007, alterada pela Lei nº 14.026/2020, assim como as diretrizes da Política Nacional dos Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305/2010, com vistas à melhoria da salubridade ambiental, à proteção dos recursos hídricos e à promoção da saúde pública.

INTRODUÇÃO

A necessidade da melhoria da qualidade de vida aliada às condições, nem sempre satisfatórias, de saúde ambiental e a importância de diversos recursos naturais para a manutenção da vida, resultam na necessidade de adotar uma política de saneamento básico adequada, considerando os princípios da universalidade, equidade, desenvolvimento sustentável, entre outros.

A falta de planejamento municipal e a ausência de uma análise integrada conciliando aspectos sociais, econômicos e ambientais resultam em ações fragmentadas e nem sempre eficientes que conduzem para um desenvolvimento desequilibrado e com desperdício de recursos.

A falta de saneamento ou adoção de soluções ineficientes trazem danos ao meio ambiente, como a poluição hídrica e a poluição do solo que, por consequência, influencia diretamente na saúde pública. Em contraposição, ações adequadas na área de saneamento reduzem significativamente os gastos com serviços de saúde.

Acompanhando a preocupação das diferentes escalas de governo com questões relacionadas ao saneamento, a Lei nº 11.445/2007 estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, atualizada pelo Novo Marco Legal do Saneamento, Lei 14.026/2020.

Entendendo saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, a Lei condiciona a prestação dos serviços públicos destas áreas à existência do Plano de Saneamento Básico, o qual deve ser revisto em um prazo máximo de dez anos.

Diante das preocupações atuais apresentadas e das exigências legais referentes ao setor, este documento refere-se ao Diagnóstico para a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB de Antônio Carlos, atendendo aos requisitos do município para sua elaboração.

1. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

A caracterização geral compreende um conjunto de informações pertinentes sobre a área de estudo, com um breve histórico do Município de Antônio Carlos, como sua localização, suas principais vias de acesso, os aspectos ambientais regionais e a situação socioeconômica onde são apresentados os aspectos demográficos juntamente com o índice de desenvolvimento humano municipal, os aspectos econômicos e a projeção populacional.

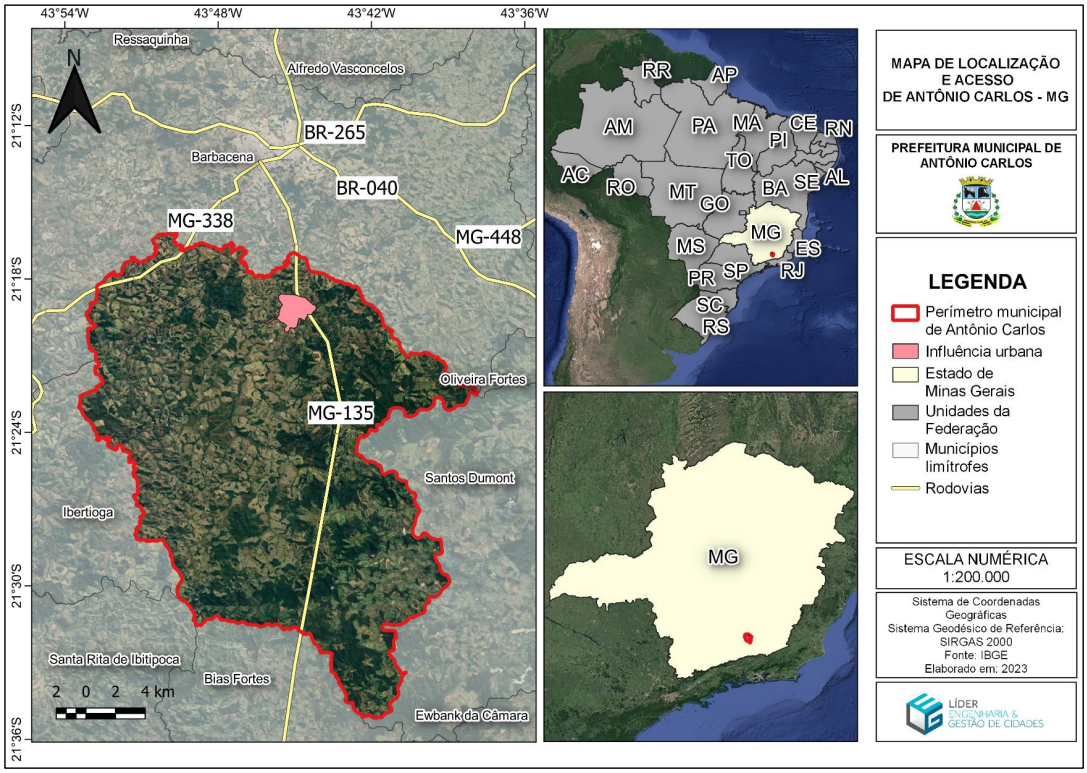
1.1. Aspectos Regionais, Localização e Acesso

O Município de Antônio Carlos é situado no Estado de Minas Gerais, a 1058 metros de altitude, nas coordenadas geográficas de latitude 21º19’05” a Sul e longitude 43º44’48” a Oeste de Greenwich. Está a 187 km de distância da capital do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte e a 910 km de distância da capital do país, Brasília.

A área territorial do município corresponde a aproximadamente 526,41 km² e de acordo com o IBGE, a população estimada no último Censo Demográfico, ano de 2010, eram de 11.114 habitantes. Neste sentido, a densidade demográfica é de 20,97 habitantes/km². Os habitantes nascidos no município possuem o gentílico de antônio-carlense.

Os municípios limítrofes são: Barbacena, Ibertioga, Santa Rita do Ibitipoca, Bias Fortes e Santos Dumont. A principal via de acesso ao Município de Antônio Carlos é a MG-135.

Figura 1 – Mapa de Localização de Antônio Carlos – MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

1.2. Histórico

Os índios Puris habitavam a região que hoje se encontra o município de Antônio Carlos, reunidos em um pequeno povoado localizado nas cabeceiras do Rio das Mortes, a região que chamavam de Borda do Campo.

Com a descoberta das riquezas encontradas (minas de ouro, diamantes, esmeraldas), se fez necessário conduzi-la até à maior Coroa Portuguesa localizada no Rio de Janeiro. Neste sentido, os bandeirantes liderados pelo Cel. Domingos Rodrigues da Fonseca Leme e Garcia Rodrigues Pais descobriram um “Caminho Novo” que se iniciava na raiz da Serra da Mantiqueira e ligava a Capitania de Minas Gerais ao Rio de Janeiro.

Domingos e Garcia foram para a região do rio Paraibuna, o qual separava as duas capitanias, (RJ) e (MG) e nele fora instalado o “Primeiro Posto Fiscal”, ficaram neste local por um determinado período. Posteriormente, deslocando-se rumo ao nordeste e, em 1728, fundaram o arraial da Igreja Nova da Borda do Campo que hoje é o município de Barbacena.

Devido a sua localização, o arraial da Igreja Nova da Borda do Campo, servia de ponto de encontro das riquezas que eram encaminhadas à coroa Portuguesa, as quais foram atraídas por salteadores e bandoleiros, que roubavam o ouro, assustando viajantes e os comerciantes.

Sendo assim, muitos desses comerciantes e viajantes se acomodaram na Borda do Campo (Antônio Carlos), tornando-a um local de novas notícias, tradições e conspirações: A partir da borda do campo foram surgindo pequenos burgos com a lavoura e criação de gado leiteiro, destacando-se o Distrito de “sítio”. Elevado à categoria de município em 27 de dezembro de 1948, com a denominação de Antônio Carlos (filho ilustre da cidade), desmembrando-se de Barbacena.

1.3. Aspectos Ambientais

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 utilizada na climatologia, ecologia e geografia é o de Köppen–Geiger, que é uma classificação genérica lançado pela primeira vez no ano de 1900, e Köppen relacionava o clima com a vegetação, a partir de critérios numéricos que definiriam os tipos climáticos, porém, em algumas ocasiões esta classificação não apresenta parâmetros para distinguir quanto às regiões e biomas distintos.

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 podemos 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);

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

Desta forma, primeiramente, será demonstrado abaixo a classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Minas Gerais. Sendo que, o Estado apresenta sensível variedade de climas e está dividido conforme as quatro seguintes classificações:

- **Aw – Clima tropical de savana:** apresenta estação chuvosa no verão com média anual de 1.500mm, e estação seca no inverno com temperatura média do mês mais frio superior a 18ºC, e precipitação do mês mais seco menor que 60mm;

- **Bsh – Clima Semi-Árido quente:** De acordo com a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1988), esta classificação de Köppen-Geiger é caracterizada por escassez de chuvas e grande irregularidade em sua distribuição, com baixa nebulosidade, forte insolação, altos índices de evaporação com temperaturas médias em torno de 27ºC. De acordo ainda com a

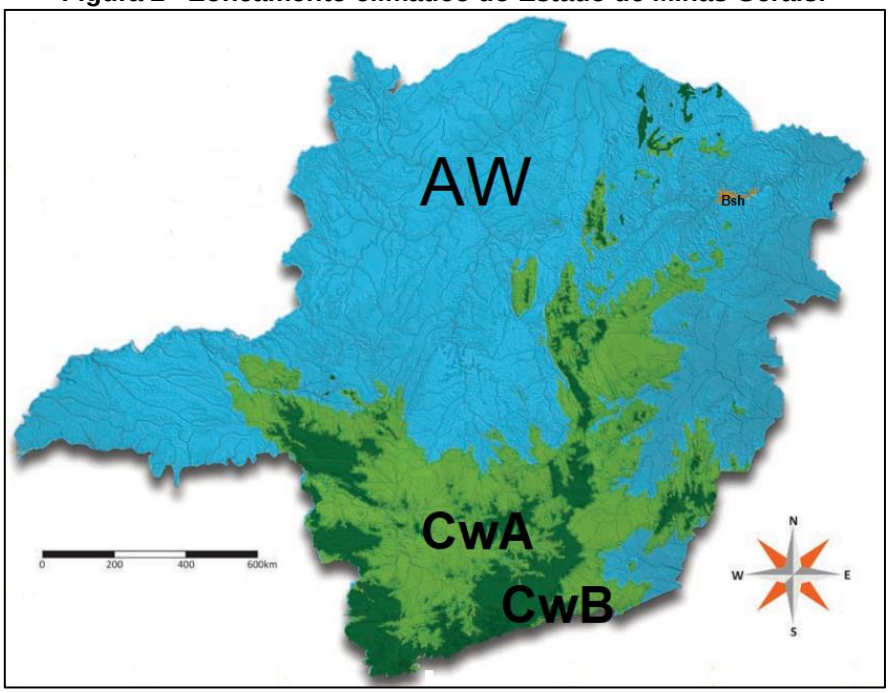
EMBRAPA (1988), esta classificação possui umidade relativa do ar baixa, ocorrência de chuvas entre 250 mm a 750 mm por ano, concentrando-se em um período curto de tempo, causando enchentes torrenciais. Além disto, durante a época das chuvas entre os meses de novembro a abril, a sua distribuição é irregular deixando de ocorrer durante alguns anos e provocando secas. A EMBRAPA (1988), afirma também que a vegetação típica desse tipo de clima é a Caatinga e a região brasileira onde está classificação ocorre é o interior da Região Nordeste;

- **CwA - Clima subtropical de inverno seco:** com temperaturas inferiores a 18ºC e verão quente com temperaturas superiores a 22ºC;

- **CwB - Clima subtropical de altitude:** com inverno seco e verão ameno e temperatura média do mês mais quente é inferior a 22ºC.

A figura abaixo mostra o Estado de Minas Gerais segundo a classificação de Köppen-Geiger.

Figura 2 - Zoneamento climático do Estado de Minas Gerais.



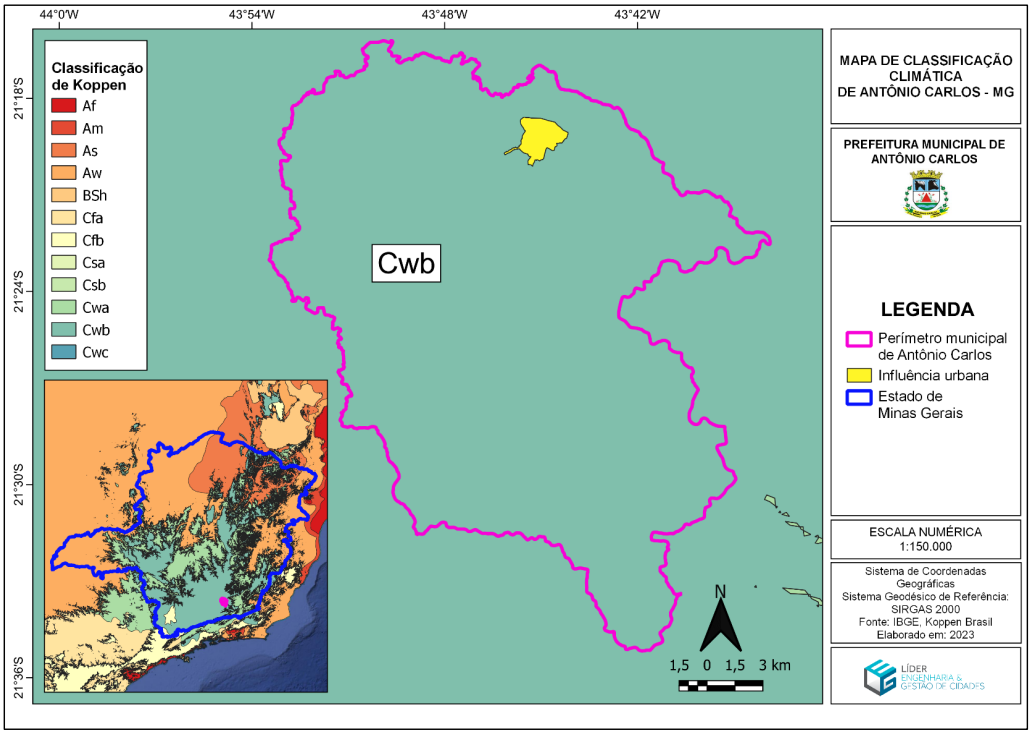
Fonte: CEMIG, 2016. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Especificamente para o Município de Antônio Carlos, localizado a uma altitude de 1090,19 metros e pluviosidade média anual de 1557 mm, dentro da classificação de Köppen-Geiger, a região se encontra na divisão Cwb – Clima subtropical de altitude.

Entretanto, além da classificação de Köppen-Geiger, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, utiliza outra classificação para caracterizar o clima do Brasil. De acordo com o Climate-data, em Antônio Carlos, o clima é quente e temperado, com inverno com menos pluviosidade que no verão.

A figura abaixo mostra a classificação climática do Município de Antônio Carlos, de acordo com a classificação do IBGE (1978).

Figura 3 – Mapa climático de Antônio Carlos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

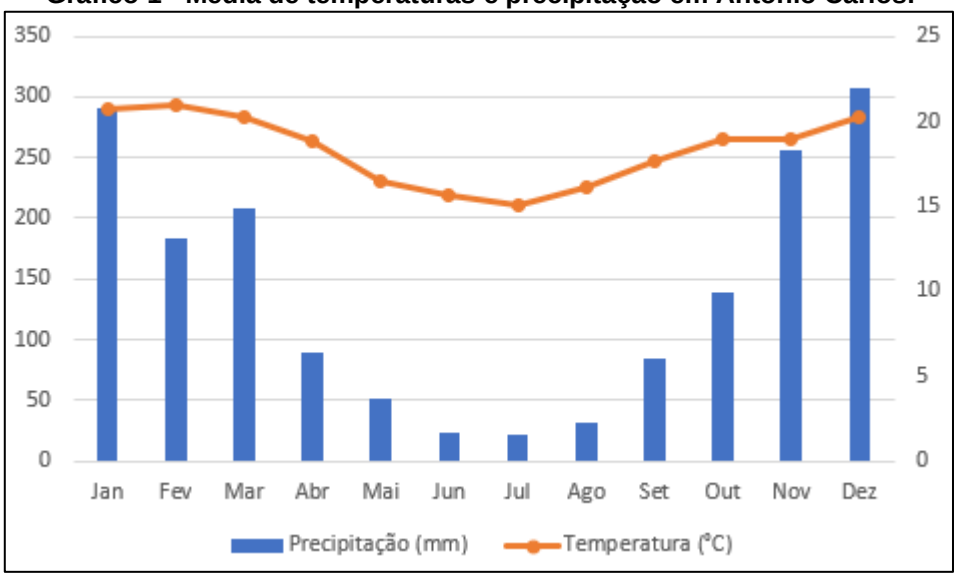
1.3.2. Temperatura

No Estado de Minas Gerais, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima recebe várias caracterizações, como já demonstrado anteriormente, com áreas quentes, áreas úmidas, semi-úmidas e secas, dependendo da região do estado. Em Antônio Carlos, caracterizado como clima temperado, com inverno seco e verões mais frios, o município possui baixa precipitação em alguns meses do ano, geralmente entre maio e agosto. Já o mês com maior precipitação é dezembro.

Considerando que julho é o mês com menor índice de precipitação, o município em comento possui um inverno mais seco e de baixa precipitação. Entre os meses de dezembro a março concentra-se as maiores temperaturas, consequentemente as maiores sensações térmicas.

No Município de Antônio Carlos a temperatura média anual é de 18,3°C. Sendo assim, através do gráfico abaixo é possível observar estas variações de temperatura no município.

Gráfico 1 - Média de temperaturas e precipitação em Antônio Carlos.



Fonte: Climate-data, 1991-2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

1.3.2.1. Precipitação

A precipitação é um fenômeno que inclui a chuva, a neve, a neblina, o granizo, o orvalho ou outros fenômenos relacionados à queda de água no céu.

A unidade de medida utilizada para calcular a quantidade ocorrida de precipitação em um determinado local é o mm/m².

No município em epígrafe, a precipitação média anual é de 1.688 mm. A estação de maior precipitação dura 6 meses, variando de outubro a março. Os meses com maior número de dias com precipitação em Antônio Carlos são os meses de novembro, dezembro e janeiro.

A estação seca dura entre os meses de abril a agosto durando em média cinco meses. Junho, julho e agosto são os meses com menor número de dias com precipitação em Antônio Carlos, sendo quatro dias em cada mês, com pelo menos um milímetro de precipitação. Desta forma, a tabela abaixo mostra o índice de chuva média anual para o Município de Antônio Carlos.

Tabela 1 - Precipitação em Antônio Carlos.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Chuva (mm)	291	184	209	89	51	24	22	32	84	139	256	307
Dias chuvosos (d)	16	13	15	10	6	4	4	4	8	12	16	18
Umidade (%)	80%	77%	81%	80%	78%	77%	74%	70%	70%	75%	82%	82%

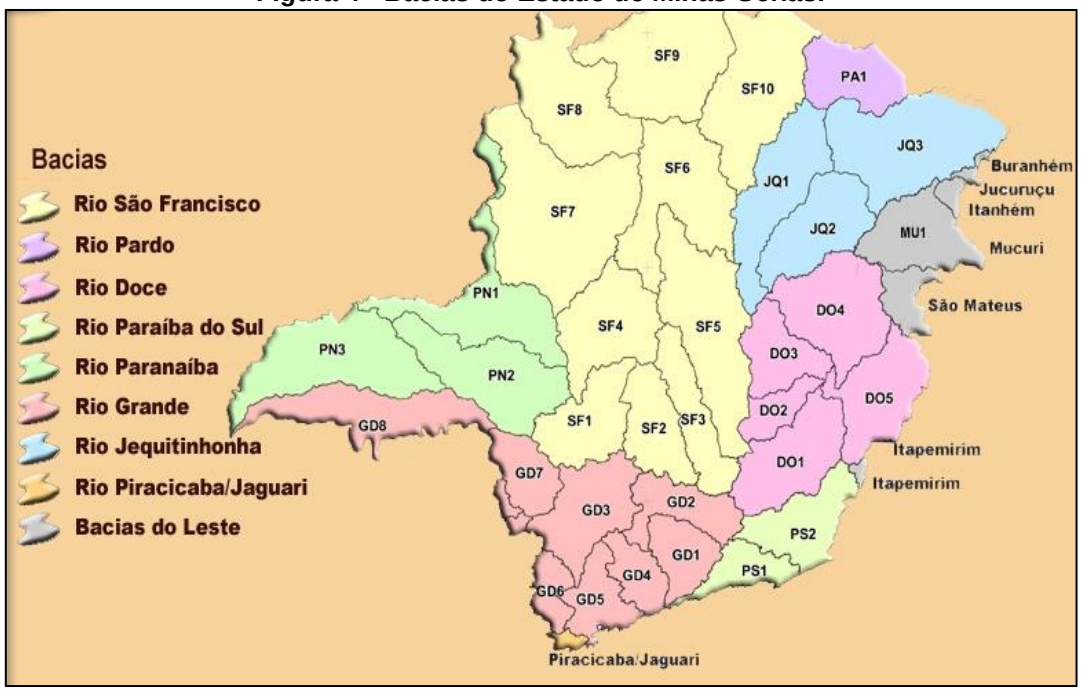
Fonte: Climate-data, 1991-2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

1.3.3. Levantamento da Rede Hidrográfica do Município

A rede hidrográfica do município é definida como bacia hidrográfica, sendo a bacia hidrográfica o conjunto de terras banhadas por um rio e seus afluentes, de forma que toda vazão seja descarregada através de um curso principal, limitada perifericamente por uma unidade topográfica mais elevada, denominada divisor de águas.

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerias - CERH-MG, em 2002, estabeleceu as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais – UPGRHs, as quais abrangiam uma área hidrográfica, bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares. No total, o estado possui nove bacias hidrográficas, as quais são apresentadas na figura a seguir.

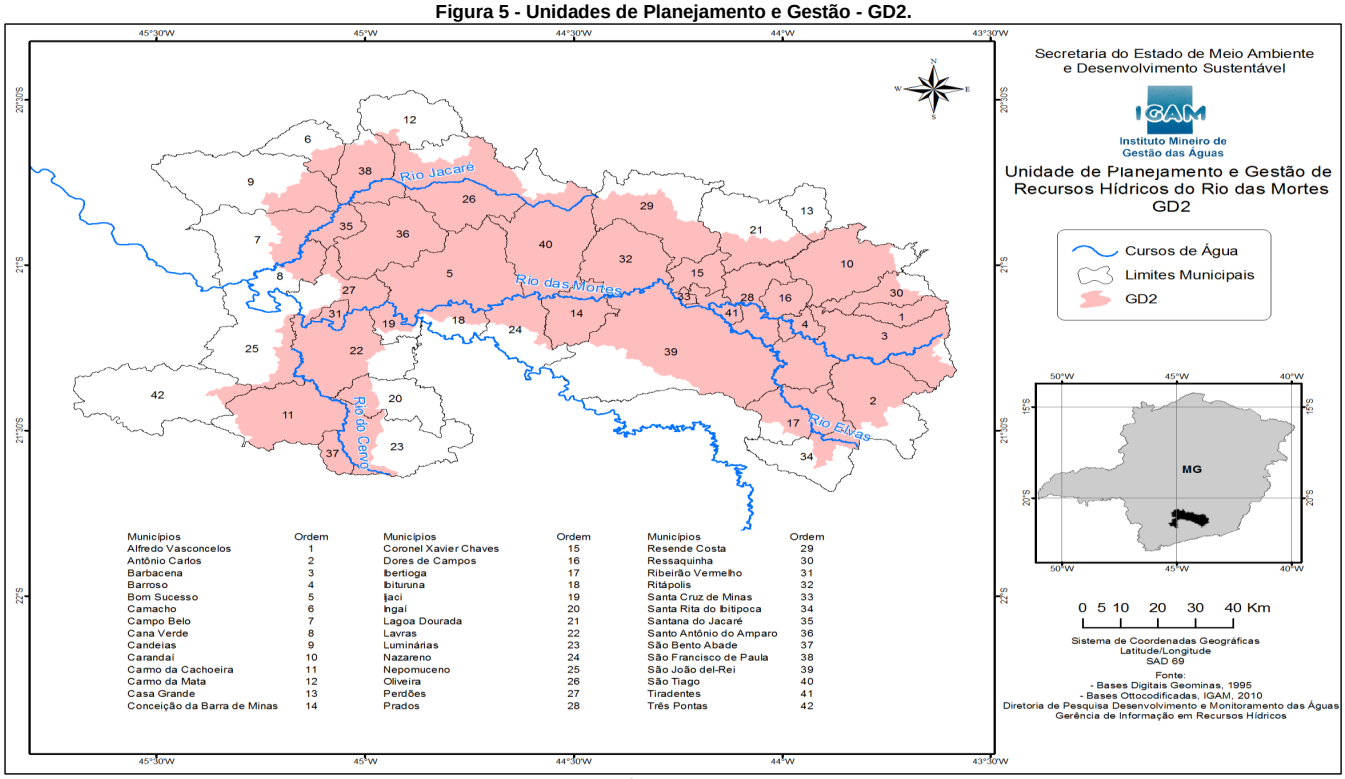
Figura 4 - Bacias do Estado de Minas Gerias.



Fonte: CBH-Sapucaí, 2002. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O Município de Antônio Carlos está inserido na Bacia Hidrográfica Vertentes do Rio Grande (GD2), a qual possui 10.540 km² de área e pertence ao Comitê da Bacia Hidrográfica Vertentes do Rio Grande, criado pelo Decreto nº 44.690 de 26/12/2007.

Figura 5 - Unidades de Planejamento e Gestão - GD2.



Municípios	Ordem	Municípios	Ordem	Municípios	Ordem
Alfredo Vasconcelos	1	Coronel Xavier Chaves	15	Resende Costa	29
Antônio Carlos	2	Dores de Campos	16	Ressaquinha	30
Barbacena	3	Ibertioga	17	Ribeirão Vermelho	31
Barroso	4	Ibituruna	18	Ritápolis	32
Bom Sucesso	5	Ijaci	19	Santa Cruz de Minas	33
Camacho	6	Ingaí	20	Santa Rita do Ibitipoca	34
Campo Belo	7	Lagoa Dourada	21	Santana do Jacaré	35
Cana Verde	8	Lavras	22	Santo Antônio do Amparo	36
Candeias	9	Luminárias	23	São Bento Abade	37
Carandaí	10	Nazareno	24	São Francisco de Paula	38
Carmo da Cachoeira	11	Nepomuceno	25	São João del-Rei	39
Carmo da Mata	12	Oliveira	26	São Tiago	40
Casa Grande	13	Perdões	27	Tiradentes	41
Conceição da Barra de Minas	14	Prados	28	Três Pontas	42

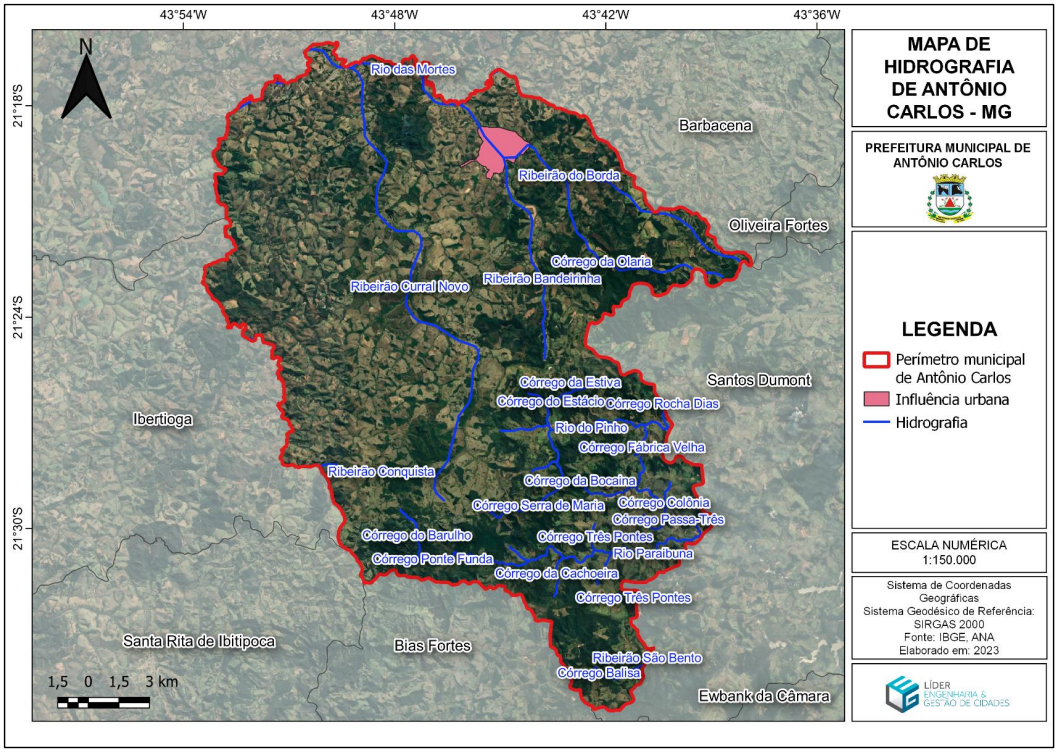
Fonte: Igam, 2010. Adaptado por Líder Engenharia de Gestão de Cidades, 2023.

Além de Antônio Carlos, os municípios que englobam essa bacia são: Alfredo Vasconcelos; Barbacena; Barroso; Bom Sucesso; Camacho; Campo Belo; Cana Verde; Candeias; Carandaí; Carmo da Cachoeira; Carmo da Mata; Casa Grande; Conceição da Barra de Minas; Coronel Xavier Chaves; Dores de Campos; Ibertioga; Ibituruna; Ijaci; Ingaí; Lagoa Dourada; Lavras; Luminárias; Nazareno; Nepomuceno; Oliveira; Perdões; Prados; Resende Costa; Ressaquinha; Ribeirão Vermelho; Ritápolis; Santa Cruz de Minas; Santa Rita de Ibitipoca; Santana do Jacaré; Santo Antônio do Amparo; São Bento Abade; São Francisco de Paula; São João del Rei; São Tiago; Tiradentes e Três Pontas, totalizando 42 municípios.

O Rio Grande é um dos principais rios brasileiros e possui enorme potencial energético, dentro do Estado de Minas Gerais, há em seu curso três usinas hidrelétricas, sendo: a UHE de Furnas, a UHE de São José da Barra e a UHE de São João Batista do Glória. A disponibilidade hídrica na bacia situa-se acima de 20 l/s/km² e o Índice de Qualidade das Águas é considerado médio no Rio das Mortes, o qual, de acordo com a prefeitura, é um dos rios importantes do município.

Abaixo segue o mapa com a representação da hidrografia presente no Município de Antônio Carlos.

Figura 6 - Mapa de hidrografia de Antônio Carlos - MG.



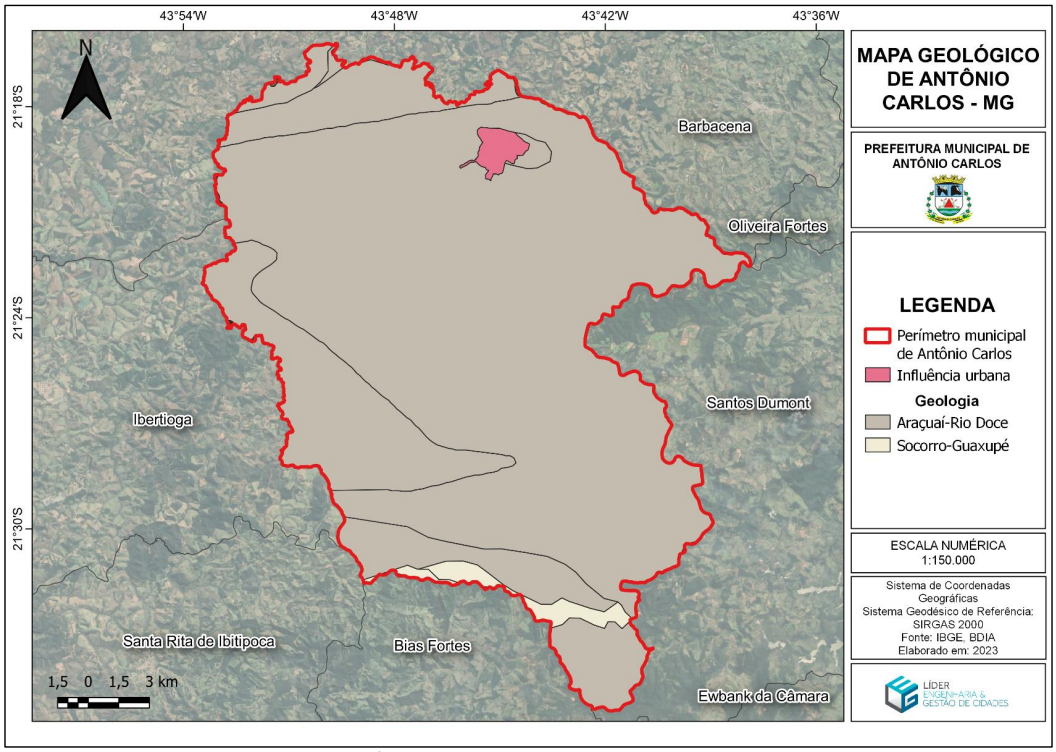
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

1.3.4. Geologia

Para o Município de Antônio Carlos foi realizado o levantamento geológico na base de dados do Banco de Dados e Informações Ambientais - BDiA, e analisadas as unidades geológicas que estão presentes no território do município.

Identificou-se que Antônio Carlos possui apenas duas unidades geológicas em seu território. Em maior proporção a subprovíncia estrutural Araçuaí-Rio Doce, com 97,76% da região do município, seguido de Socorro-Guaxupé com 2,24%. Neste sentido, na figura a seguir tem-se tais posicionamentos geográficos.

Figura 7 - Mapa geológico de Antônio Carlos - MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

1.3.5. Geomorfologia

O relevo é o conjunto de saliências e reentrâncias que compõem a superfície terrestre. É um componente da litosfera relacionado com o conjunto rochoso subjacente e com os solos que o recobre.

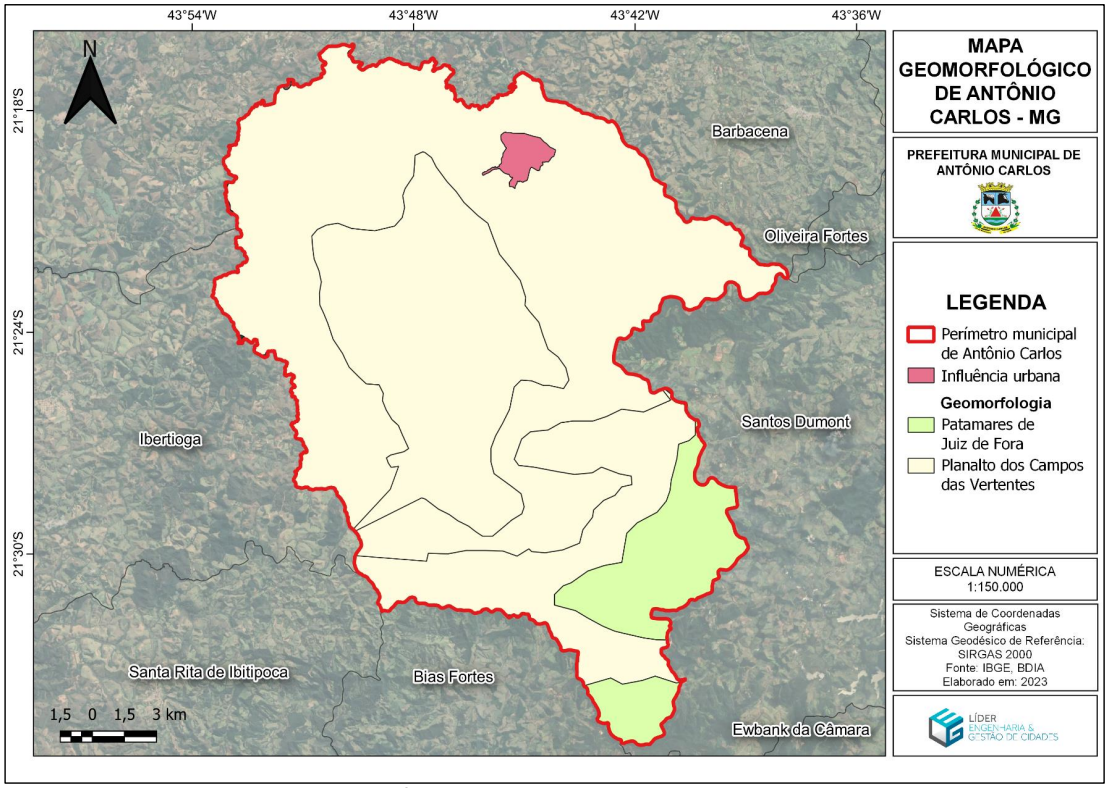
No Brasil existem três unidades geomorfológicas principais, que são os Planaltos, as Planícies e as Depressões. No Estado de Minas Gerais a evolução geomorfológica do território foi definida predominantemente por processos de aplainamento e de dissecação fluvial.

Os processos de aplainamento, característicos de clima com regimes torrenciais, essencialmente do tipo pedimentação, atuaram sobretudo no Terciário e no Pleistoceno, embora mais restritamente ainda continuem atuantes em trechos do norte, nordeste e noroeste do estado.

Resumidamente, pode-se dizer que o relevo do Estado de Minas Gerais é caracterizado por planaltos, depressões e áreas dissecadas resultante de uma alternância de atuação de processos morfoclimáticos, favoráveis a elaboração de extensos plainos ou superfícies de aplainamento, e ao entalhamento linear que é o aprofundamento dos cursos d'água.

A partir dos dados coletados no Banco de Dados e Informações Ambientais - BDiA, analisou-se as unidades geomorfológicas que pertencem a Antônio Carlos, sendo que 90,7% do território do município é caracterizado como Planalto dos Campos das Vertentes e 9,3% composto pelo Patamares de Juiz de Fora. Sendo assim, na figura abaixo pode-se ver a geomorfologia completa do município.

Figura 8 - Mapa geomorfológico de Antônio Carlos - MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

1.3.6. Declividade

No que tange ao declive do Município de Antônio Carlos, a tabela a seguir relaciona as classes de declividades com indicações gerais da adequabilidade e restrições para o planejamento.

Tabela 2 - Classes de declividade com indicações gerais da adequabilidade e restrições para o planejamento.

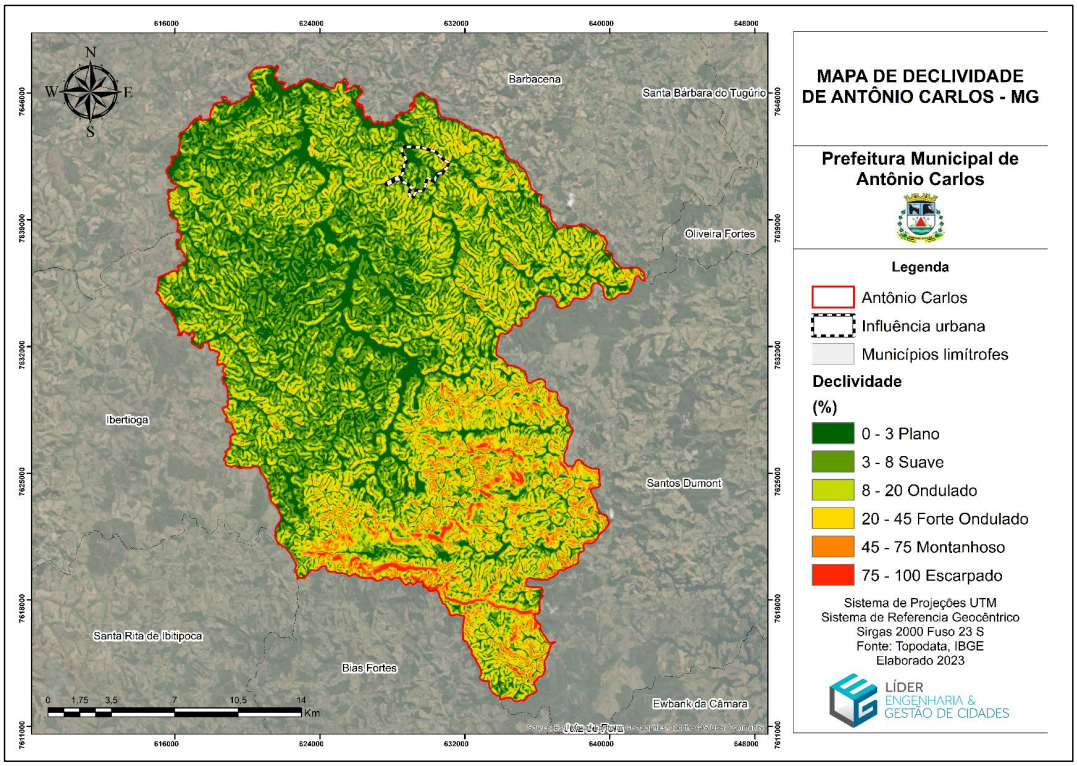
Intervalos	Inclinações	Indicações para o planejamento
0 – 5%	2°51’	**Áreas com muito baixa declividade**. Restrições à ocupação por dificuldades no escoamento de águas superficiais e subterrâneas.
5 – 10%	2°51’ – 5°42’	**Áreas com baixa declividade**. Dificuldades na instalação de infraestrutura subterrânea 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, 2023.

Analisando a tabela acima e as figuras abaixo contendo os mapas de declividade e hipsometria, verifica-se que a maior proporção do Município de Antônio Carlos a declividade é mais acentuada, caracterizada como região montanhosa, forte ondulada e ao sul, plana, em que 15% de Antônio Carlos se encontra no Relevo Plano, 65% em relevo ondulado e 20% no montanhoso.

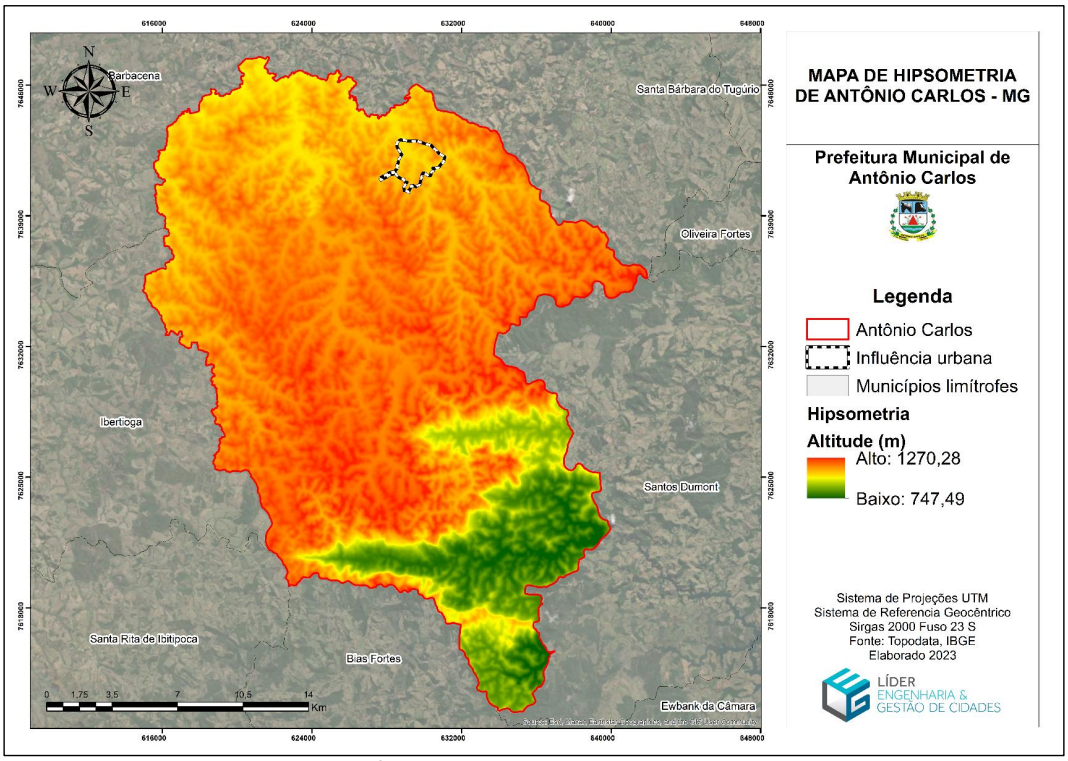
Com relação a hipsometria, o município em comento possui a diferença de 523 m da região com maior altitude e menor altitude (1.270 m a 747 m), sendo do norte ao centro as regiões com maior altitude e o Sul com a menor altitude. Sendo assim, as figuras abaixo ilustram os níveis de declividade e altitude encontradas no município.

Figura 9 - Mapa de declividade de Antônio Carlos - MG.



Fonte: Líder Engenharia de Gestão de Cidades, 2023.

Figura 10 - Mapa de hipsometria de Antônio Carlos - MG.



Fonte: Líder Engenharia de Gestão de Cidades, 2023.

1.3.7. Solo

No Município de Antônio Carlos, de acordo com os dados obtidos no Banco de Dados e Informações Ambientais – BDiA, há 2 tipos de solos. O Cambissolo Háplico, é predominante na região, ocupando 83% do território do município, seguido de Latossolo Vermelho-Amarelo com 16%, o restante é caracterizado como área urbana.

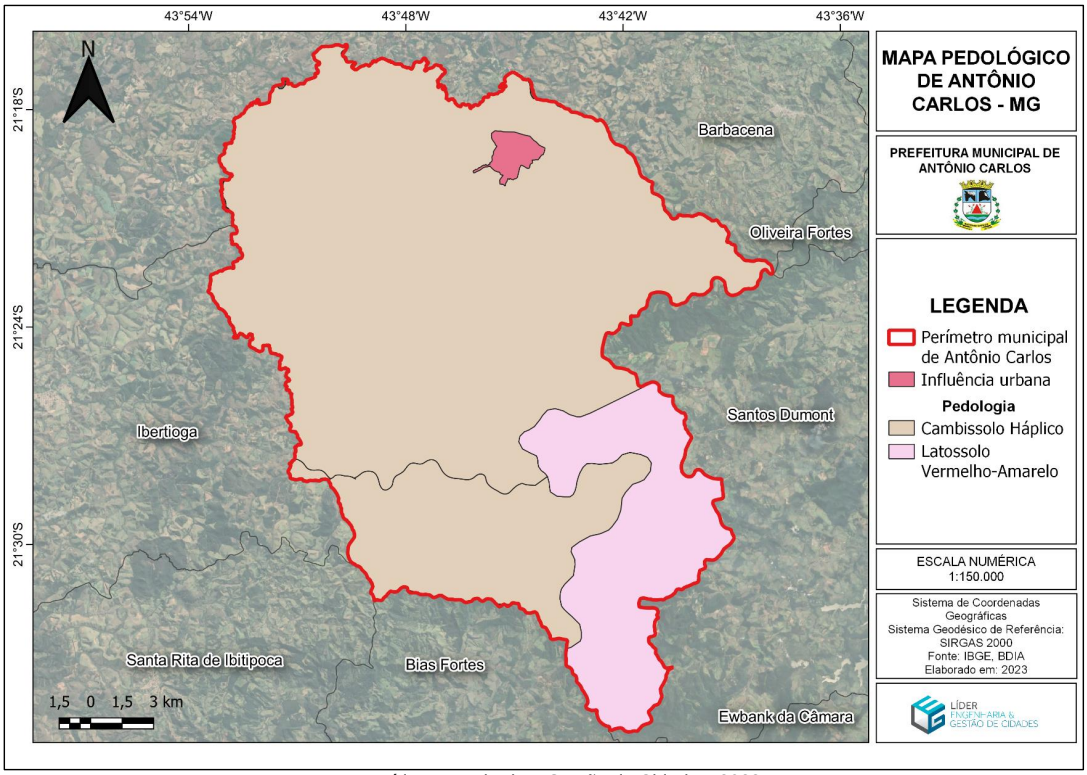
Cambissolos, como definição, são solos pouco desenvolvidos que apresentam características da rocha evidenciado pela presença de minerais primários (EMBRAPA, 2006). Em específico para Cambissolos Háplicos, são identificados normalmente em relevos forte ondulados ou montanhosos.

Em contrapartida, os latossolos são de intemperização intensa chamados popularmente de solos velhos, sendo definidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2006), com características gerais como: argilas com predominância de óxidos de ferro, alumínio, silício e titânio, argilas de baixa atividade (baixa CTC), fortemente ácidos e baixa saturação de bases.

De forma geral, apresenta baixa fertilidade, exceto quando originados de rochas mais ricas em minerais essenciais às plantas, acidez e teor de alumínio elevados. Possuem boas condições físicas para o uso agrícola, associadas a uma boa permeabilidade por serem solos bem estruturados e muito porosos. Porém, devido aos mesmos aspectos físicos, possuem baixa retenção de umidade, principalmente os de textura mais grosseira em climas mais secos.

Em específico para os Latossolos Vermelho-Amarelos são associados aos relevos: plano, suave ondulado ou ondulado. Ocorrem em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade

Figura 11 - Mapa de pedologia de Antônio Carlos - MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

1.3.8. Vegetação

A vegetação do Estado de Minas Gerais está situada dentro do Bioma Mata Atlântica, Cerrado e uma pequena proporção territorial de Caatinga.

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).*

No que se refere a Caatinga, ocupa uma área de aproximadamente 860 mil km². A biodiversidade deste bioma ampara diversas atividades econômicas voltadas para fins agrosilvopastoris e industriais.

> *"A conservação da caatinga está intimamente associada ao combate da desertificação, processo de degradação ambiental que ocorre em áreas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas. No Brasil, 62% das áreas susceptíveis à desertificação estão em zonas originalmente ocupadas por caatinga, sendo que muitas já estão bastante alteradas. Em que pese este quadro, apenas cerca de 9% do bioma está coberto por unidades de conservação, sendo pouco mais de 2% por unidades de proteção integral (como Parques, Reservas Biológicas e Estações Ecológicas), que são as mais restritivas à intervenção humana." (MMA, 2022).*

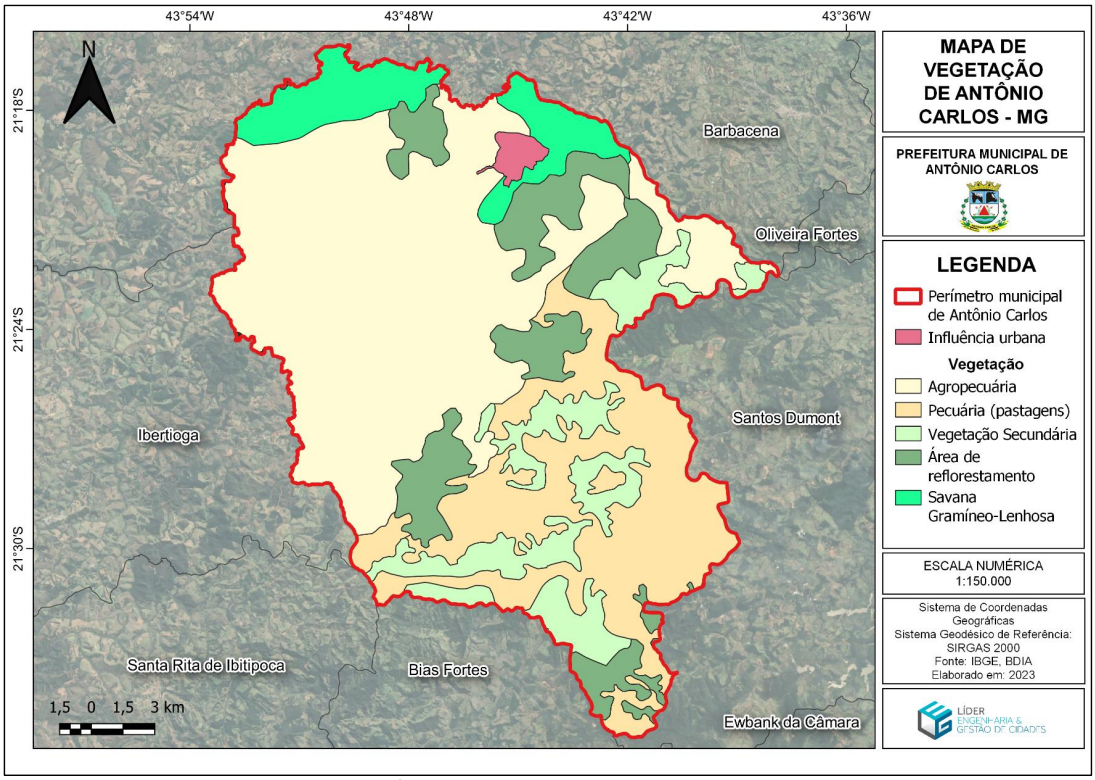
O Município de Antônio Carlos está situado no bioma Mata Atlântica e, de acordo com o Banco de Dados de Informações Ambientais – BDiA, maior proporção da área territorial (67,5%) é de agropecuária e pecuária (pastagens), seguido de áreas de reflorestamento (13%), vegetação secundária (11,2%) e Savana Gramíneo-Lenhosa (8%).

Reflorestamento, como o próprio nome já diz, são áreas que devido as ações antrópicas ou fenômenos naturais não possuem mais vegetações, e o reflorestamento é a técnica de formar novas florestas nessas regiões.

Já as formações de florestas secundárias são de um processo natural de regeneração da vegetação, em áreas que no passado houve corte raso da floresta primária. Nesses casos, quase sempre as terras foram temporariamente usadas para agricultura ou pastagem e a floresta ressurge espontaneamente após o abandono destas atividades.

Por fim, a Savana Gramíneo-Lenhosa, quando natural, são gramados entremeados por plantas lenhosas raquíticas, que ocupam extensas áreas dominadas por hemicriptófitos, que, quando manejados através do fogo ou pastoreio, são substituídos por geófitos que se distinguem por apresentar colmos subterrâneos, portanto mais resistentes ao pisoteio do gado e ao fogo. A composição florística é bastante diversificada, sendo as plantas lenhosas seus ecotipos mais representativos.

Figura 12 - Mapa de vegetação de Antônio Carlos - MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

1.4. Aspectos Socioeconômicos

Neste capítulo serão analisados os principais indicadores socioeconômicos do Município de Antônio Carlos, 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 expressa em habitantes por quilômetro quadrado.

Neste sentido, no Município de Antônio Carlos, de acordo com o IBGE, a densidade demográfica é de 20,97 hab/Km². Ressalta-se, que 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.

1.4.2. Distribuição Etária por gênero

A composição por sexo da população de Antônio Carlos, focalizada segundo grupos etários, evidencia maior número de mulheres em relação aos homens, ainda que há pouca diferença entre eles. Neste sentido, na década de 2010, dos 11.114 habitantes, 5.584 eram mulheres e 5.530 eram homens, representando 50,24% e 49,76%, respectivamente.

Salienta-se que a conformação etária constitui resultados dos efeitos combinados entre fecundidade, mortalidade e migração, gerando pressões de

demanda diferenciadas sobre os serviços públicos de atendimento às necessidades básicas da população.

1.4.3. Índice de Desenvolvimento Humano - IDH

O cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, 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.

Com isto, a tabela abaixo mostra a série histórica do IDH do Estado de Minas Gerais e dos Municípios de Nova Lima e Antônio Carlos. O Município de Nova Lima consta na tabela abaixo por ser o melhor IDH do estado, servindo assim, como modelo de comparação para Antônio Carlos.

Tabela 3 - Série histórica do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH.

ANO	IDH Minas Gerais	IDH Nova Lima	IDH Antônio Carlos
1991	0,478	0,523	0,422
2000	0,624	0,684	0,564
2010	0,731	0,813	0,683

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Através da tabela acima percebe-se um aumento de 21,10% no IDH do Município de Antônio Carlos, em comparação de 2000 a 2010. Enquanto que o IDH do Estado de Minas Gerais passou de 0,624 para 0,731 em dez anos, ou seja, neste período a evolução do índice em 17,14%.

Em 2010, o IDH do município ocupava a 2359ª posição entre os 5.565 municípios brasileiros e a 332ª posição, entre os municípios do Estado de Minas Gerais. Neste sentido, a figura abaixo ilustra o ranking de IDH de Antônio Carlos.

Figura 13 - Posição do IDH do município no Estado.

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Na tabela abaixo é apresentado a evolução do IDH de Antônio Carlos durante os censos realizados pelo IBGE nos anos de 2000 e 2010, nota-se o grande avanço de qualidade registrado pelo município com o IDH aumentando de 0,564 para 0,683. Mostra-se também a significância em cada setor individual com maior destaque para o IDH referente a educação e longevidade no município.

Tabela 4 – IDH nos componentes nos censos de 2000 e 2010 para o Município de Antônio Carlos.

Indicadores	Ano	
	2000	2010
IDH	0,564	0,683
IDH Educação	0,389	0,584
% de 18 anos ou mais de idade com ensino fundamental completo	25,35	38,74
% de 4 a 5 anos na escola	44,27	70,32
% de 11 a 13 anos de idade nos anos finais de ensino fundamental ou om ensino fundamental completo	56,86	91,33
% de 15 a 17 anos de idade com ensino fundamental completo	43,27	57,71
% de 18 a 20 anos de idade com ensino médio completo	19,79	44,03
IDH Longevidade	0,766	0,838
Esperança de vida ao nascer	70,93	75,30
IDH Renda	0,601	0,650
Renda per capita	336,82	457,02

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Ao considerar as dimensões que compõem o IDH, também entre 2000 e 2010, verifica-se que o IDH Longevidade apresentou alteração de 9,39%, o IDH Educação apresentou alteração 50,12% e IDH Renda apresentou alteração 8,15%.

1.4.4. Educação

Considerando o Censo Escolar de 2021 apresentado pelo IBGE, a tabela abaixo exibe a relação de matriculas realizadas no ano, o quantitativo de escolas em funcionamento e docentes atuantes no ensino básico (infantil, fundamental e médio) para o Município de Antônio Carlos.

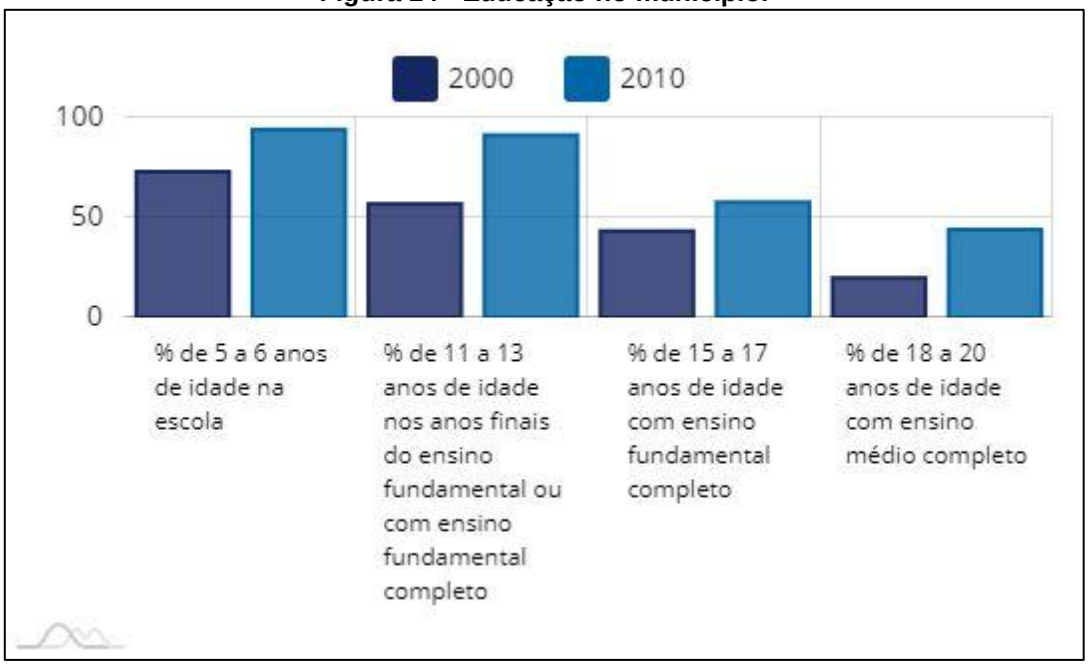
Tabela 5 - Censo Escolar de 2021 para o município.

	Ensino Infantil	Ensino Fundamental	Ensino Médio
Matrículas	248	994	323
Docentes	16	80	61
Escolas	8	10	3

Fonte: IBGE, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Considerando o Censo de 2010, a proporção de crianças de 5 a 6 anos de idade possui o maior percentual que frequentam as escolas, sendo 94,12%. Para as crianças de 11 a 13 anos que frequentam o ensino fundamental, a proporção em comparação com o infantil (5 a 6 anos), reduz para 91,33%. O público jovem que possui o ensino fundamental completo de 15 a 17 anos era de 51,71% nesta década e, por fim, a proporção de jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo era de 44,03%. A figura abaixo faz um comparativo da década de 2000 a 2010.

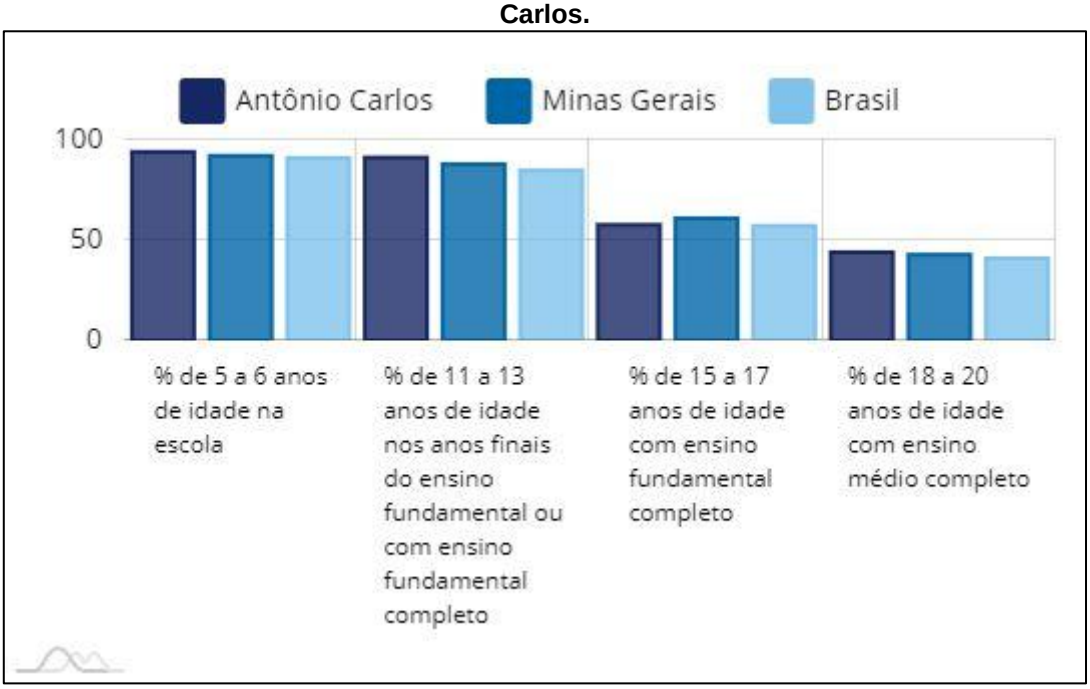
Figura 14 - Educação no município.



Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em uma análise de fluxo escolar por faixa etária entre o Brasil, o Estado de Minas Gerais e o Município de Antônio Carlos, na década de 2010, o município possui proporções superiores nas faixas etárias de 5 a 6 anos, de 11 a 13 anos e 18 a 20 anos de idade. A figura a seguir demonstra este comparativo.

Figura 15 - Comparativo de fluxo escolar entre Brasil, Minas Gerais (UF) e Antônio Carlos.



Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

1.4.5. Saúde

O Município de Antônio Carlos possui 4 Unidades Básicas de Saúde – UBS atualmente, além de um hospital público, Pequeno Hospital Santa Maria de Antônio Carlos.

Em relação as Unidades Básicas de Saúde, abaixo segue a lista de todos os postos de saúde no município:

- UBS Dona Divina Amaral Dias PSF Rural;
- UBS Maria de Lourdes Jardim de Oliveira ESF São João Batista;
- UBS Maria Geni Campos Zanette ESF São Sebastião de Campolide;
- UBS Walter Fernandes PSF Central;

A tabela abaixo mostra o somatório de todos os serviços de saúde oferecidos pelo município, de acordo com informações do SUS.

Tabela 6 - Serviços de saúde oferecidos no município.

Descrição	Instalações (Salas)
Clinicas Básicas	2
Clínicas Indiferenciado	2
Odontologia	4
Sala de Curativo	3
Sala de Enfermagem	3
Sala de Imunização	3
Sala de Nebulização	3
Sala de Pequena Cirurgia	3
Sala de Repouso/Observação	2

Fonte: Sistema Único de Saúde – SUS, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 acima de sessenta e cinco anos de idade,

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 acima de sessenta e cinco anos de idade em relação a população total. Segundo as informações do IBGE, a razão de dependência total no município passou de 51,58% em 2000, para 42,69% em 2010, e a proporção de idosos, de 6,02% para 8,72%. A tabela abaixo mostra a estrutura etária do município entre os anos de 2000 e 2010.

Tabela 7 – Estrutura etária da população do Município de Antônio Carlos.

	2000		2010	
Estrutura etária	**População**	**% do Total**	**População**	**% do Total**
Menor de 15 anos	3.045	28,01	2.356	21,20
15 a 64 anos	7.171	65,97	7.789	70,08
65 anos ou mais	654	6,02	969	8,72
Razão de dependência	51,58	-	42,69	-
Taxa de envelhecimento	6,02	-	8,72	-

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

No que se trata de 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. De acordo com o IBGE, no Município de Antônio Carlos, o número de óbitos de crianças com menos de um ano de idade para cada mil nascidos vivos, passou de 25,92 em 2000 para 14,90 em 2010. No Estado de Minas Gerais esta taxa saiu de 27,75 para 15,08 óbitos por mil nascidos vivos no mesmo período.

No que tange a esperança de vida ao nascer é definido como indicador utilizado para compor a dimensão Longevidade do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM. Esta variável no município era de 70,93 anos em 2000 e de 75,30 anos em 2010. Já no Estado de Minas Gerais era 70,55 anos em 2000 e de 75,30 anos em 2010. A tabela abaixo mostra a taxa de mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer no município.

Tabela 8 – Taxa de mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer no município.

Indicadores	2000	2010
Mortalidade infantil	25,92	14,90
Esperança de vida ao nascer	70,93	75,30

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

1.5. Economia

A economia do Município de Antônio Carlos está baseada nos setores de serviços e indústrias, além das atividades relacionadas com agricultura e pecuária.

De acordo com o Cadastro Geral de Empregados e Desempregados – CAGED e o Ministério do Trabalho e Previdência, entre janeiro de 2020 a junho de 2022, no município admitiu-se 44 funcionários e desligou-se 29. No que se refere, a cada setor de atividade econômica, a categoria de indústria se destacou em relação as demais em 2022, sendo que o saldo de contrações é de 13 pessoas. A tabela abaixo apresenta o quantitativo de funcionários admitidos, desligados e o saldo em cada categoria.

Tabela 9 - Quantitativo de cada categoria de atividade econômica no município.

Categoria	Admitidos	Desligados	Saldo
Agropecuária	10	7	3
Comércio	3	8	-5
Construção	2	0	2
Indústria	25	12	13
Serviços	4	2	2
Total	44	29	15

Fonte: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Entre janeiro de 2020 e setembro de 2022, os meses que mais houveram admissões foi maio de 2021 e fevereiro de 2022, sendo 149 em ambos. Já o mês com maior índice de demissões foi em março de 2022, com 67 desligamentos.

1.5.1. Produto Interno Bruto (PIB)

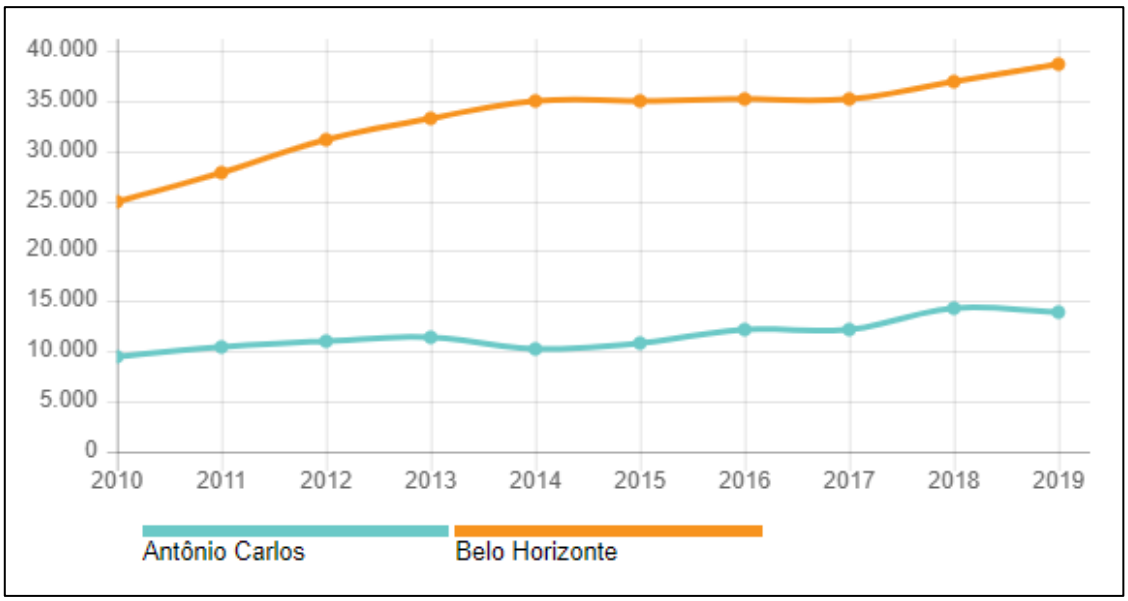
O Produto Interno Bruto – PIB, representa a soma em valores monetários de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região, sendo

países, estados ou cidades, 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.

De acordo com o IBGE, em 2019, o PIB *per capita* do Município de Antônio Carlos era de R$ 13.902,61, enquanto que, na Capital Belo Horizonte era de R$ 38.695,31. Sendo assim, o gráfico a seguir apresenta de forma ilustrada a evolução do PIB de Antônio Carlos entre os anos de 2010 a 2019. O Município de Belo Horizonte é apresentado para exemplo de comparativo.

Gráfico 2 - Produto Interno Bruto - PIB.



Fonte: IBGE, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

1.5.2. Renda

Os valores da renda *per capita* mensal registrados nos anos de 2000 e 2010, evidenciam que houve crescimento da mesma no Município de Antônio Carlos entre os anos mencionados. A renda *per capita* mensal no município era de R$ 336,82, em 2000, e de R$ 457,02, em 2010, com base nos preços de agosto de 2010.

O Atlas do Desenvolvimento Humano classifica a população do Município de Antônio Carlos em extremamente pobres, pobres e vulneráveis à pobreza considerando a renda domiciliar *per capita* mensal (valores a preços de 01 de agosto de 2010). Neste sentido, a tabela abaixo demonstra a classificação.

Tabela 10 - Classificação pela renda domiciliar per capita no município.

Categoria	Extremamente pobre	Pobre	Vulneráveis a pobreza
Renda per capita	< R$ 70,00	< R$ 140,00	< R$ 255,00
Proporção em 2000	9,05%	35,38%	65,21%
Proporção em 2010	3,62%	16,85%	42,60%

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Com base nas informações de pessoas que estão inscritas no Cadastro Único - CadÚnico do Governo Federal, a tabela a seguir apresenta a proporção de cada classificação mencionada anteriormente, após o recebimento do Bolsa Família.

Tabela 11 - Classificação com base no CadÚnico do Governo Federal no município.

Categoria	Extremamente pobre	Pobre	Vulneráveis a pobreza
Renda per capita	< R$ 70,00	< R$ 140,00	< R$ 255,00
Proporção em 2014	33,31%	66,61%	69,10%
Proporção em 2017	29,02%	69,18%	85,45%

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano, 2017. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Quanto ao índice desigualdade, o Gini é uma das medidas de desigualdade de renda constantes do Atlas do Desenvolvimento Humano no país, em que seu valor pode variar entre 0 e 1, sendo que quanto maior o índice maior a desigualdade de renda existente. Assim sendo, o Município de Antônio Carlos passou de 0,54, em 2000, para 0,47, em 2010, indicando a redução na desigualdade de renda.

1.5.3. 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.

A Vulnerabilidade Social diz respeito à suscetibilidade à pobreza, e é expressa por variáveis relacionadas à renda, à educação, ao trabalho e à moradia das pessoas e famílias em situação vulnerável. Para estas quatro dimensões de indicadores mencionadas, destacam-se para o Município de Antônio Carlos os resultados apresentados na tabela a seguir.

Tabela 12 - Vulnerabilidade social do Município de Antônio Carlos.

Indicadores	Ano	
	2000	2010
Crianças e Jovens		
% de crianças de 0 a 5 anos de idade que não frequentam a escola	83,37	67,00
% de 15 a 24 anos de idade que não estudam nem trabalham em domicílios vulneráveis à pobreza	24,29	16,18
% de crianças com até 14 anos de idade extremamente pobres	16,42	5,79
Adultos		
% de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal	57,08	46,95
% de mães chefes de família, sem fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade	9,98	17,25
% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e dependentes de idosos	3,91	4,48
% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e que gastam mais de uma hora até o trabalho	-	0,95
Condição de Moradia		
% da população que vivem em domicílios com banheiro e água encanada	87,25	96,99

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em análise a dinâmica da tabela, é relevante salientar que para os indicadores abaixo, houve redução no período de 2000 a 2010.

- Percentual de crianças extremamente pobres: de 16,42% para 5,79% (redução de 10,63%);
- Percentual de crianças de 0 a 5 anos de idade que não frequentam a escola: de 83,37% para 67,00% (redução de 16,37%);

- Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam nem trabalham e são vulneráveis à pobreza: de 24,29% para 16,18% (redução de 8,11%);
- Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal: de 57,08% para 46,95% (redução de 10,13%).

2. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

A Lei Federal nº 11.445/ 2007, atualizada pela Lei Federal n° 14.026/2020, Novo Marco Legal do Saneamento, define como serviços de saneamento básico os relativos a sistemas de abastecimento de água, sistemas de esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos e sistemas de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

Os serviços de água e esgoto, essenciais em todos os centros urbanos, usam a água, sobretudo, de duas formas: para o abastecimento da população e para a diluição de efluentes. O fator captação da água encontra-se diretamente ligado à ideia do lançamento das águas servidas. Parte da água captada é devolvida ao corpo hídrico após o uso, o que implica submetê-la a tratamento antes da devolução para não prejudicar a qualidade do corpo receptor.

Os esgotos domiciliares se caracterizam pela grande quantidade de matéria orgânica biodegradável, responsável pela depleção de oxigênio nos cursos de água, como resultado da estabilização que as bactérias realizam. Estes efluentes líquidos apresentam, ainda, nutrientes e organismos patogênicos que podem dificultar, ou mesmo inviabilizar, o seu uso para outros fins.

Núcleos urbanos sem atendimento, coleta parcial e sem tratamento eficiente de águas residuárias, podem constituir uma fonte de poluição difusa, vinculada às alternativas inidôneas à demanda, como lançamentos diretos no solo, fossas negras, secas e sépticas. O mesmo problema pode ocorrer em zonas rurais, mesmo que em dimensões menores, dada a dispersão das moradias em relação às áreas de ocorrência.

A regulamentação das áreas de interesse de proteção de manancial municipal será regida pelas disposições da Lei supracitada e dos regulamentos dela decorrentes, tendo em vista ambas legislações Estadual e Federal, com o intuito de zelar pela manutenção da capacidade de infiltração da água no solo, em consonância com as normas federais e estaduais de preservação dos seus depósitos hídricos naturais.

Sendo assim, no Estado de Minas Gerais a regulação e a fiscalização dos serviços são de responsabilidade da Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais – ARSAE - MG. A ARSAE - MG, foi criada através da Lei Estadual nº 18.309, de

03 de agosto de 2009, que também estabelece as normas relativas aos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no Estado.

A ARSAE – MG, também está em consonância com a Lei Federal nº 11.445/2007, atualizada pela Lei Federal n °14.026/2020, Novo Marco Legal do Saneamento.

Ressalta-se, que a ação de fiscalização visa determinar o grau de conformidade do sistema auditado em consonância com as legislações e normas técnicas pertinentes, especialmente as Resoluções Normativas expedidas pela ARSAE - MG, bem como, a adequação da prestação dos serviços, no que tange à regularidade, continuidade, eficiência, segurança, generalidade e atualidade.

Desta forma, no presente diagnóstico serão abordados dados e informações referentes ao Sistema de Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Gestão de Resíduos Sólidos e Drenagem Urbana do Município de Antônio Carlos, tanto na sede quanto na área rural. Para que posteriormente sejam propostas ações que visam a boa funcionalidade dos serviços de saneamento básico, garantindo a excelência da qualidade de vida da população.

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. Identificação de Mananciais para Abastecimento Futuro

2.1.1.1. Mananciais Superficiais

O conhecimento adequado do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é essencial para sua gestão. Desta forma, faz-se necessários

estudos que apontem a variabilidade temporal e espacial dos indicadores ambientais.

Sendo assim, os principais rio que atravessam o Município de Antônio Carlos são o Rio das Mortes e Rio Bandeirinhas e outros e tem em seu território a nascente do Rio Paraibuna. A tabela abaixo mostra o resumo da disponibilidade hídrica superficial das sub-bacias da Bacia do Rio das Mortes em que estão localizados esses rios.

Tabela 13 – Resumo da disponibilidade hídrica das Sub-bacias da Bacia do Rio das Mortes.

Sub-bacias	Área (Km²)	$Q_{7,10}$ (m³/s)	$q_{7,10}$ (l/s.km²)	Q_{95}(m³/s)	q_{95} (l/s.km²)	QMLT (m³/s	qMLT (l/s.km²)
Rio do Cervo	1.105,00	4,99	4,51	6,63	6,00	20,96	18,97
Rio Elvas	866,6	3,76	4,34	5,04	5,82	16,33	18,85
Ribeirão Barba de Lobo	562,9	2,28	4,06	3,10	5,51	10,48	18,63
Alto Rio das Mortes	1.816,6	8,87	4,88	11,60	6,38	34,93	19,23
Baixo do Alto Rio Grande	712,2	3,00	4,21	4,04	5,68	13,35	18,75
Rio Carandaí	676,2	2,83	4,18	3,81	5,64	12,66	18,72
Baixo Rio das Mortes	1.210,8	5,54	4,58	7,35	6,07	23,03	19,02
Rio dos Peixes	511,6	2,05	4,00	2,79	5,45	9,50	18,58
Médio Rio das Mortes	960,2	4,24	4,41	5,66	5,89	18,15	18,90
Rio Jacaré	2.111,4	10,55	5,00	13,73	6,50	40,76	19,30

Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes – UPGRH GD2 Rio das Mortes, 2011. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Ressalta-se, que os dados contidos na tabela acima são importantes para a emissão de outorgas d'água e conciliar os múltiplos usos do recurso.

2.1.1.2. Mananciais Subterrâneos

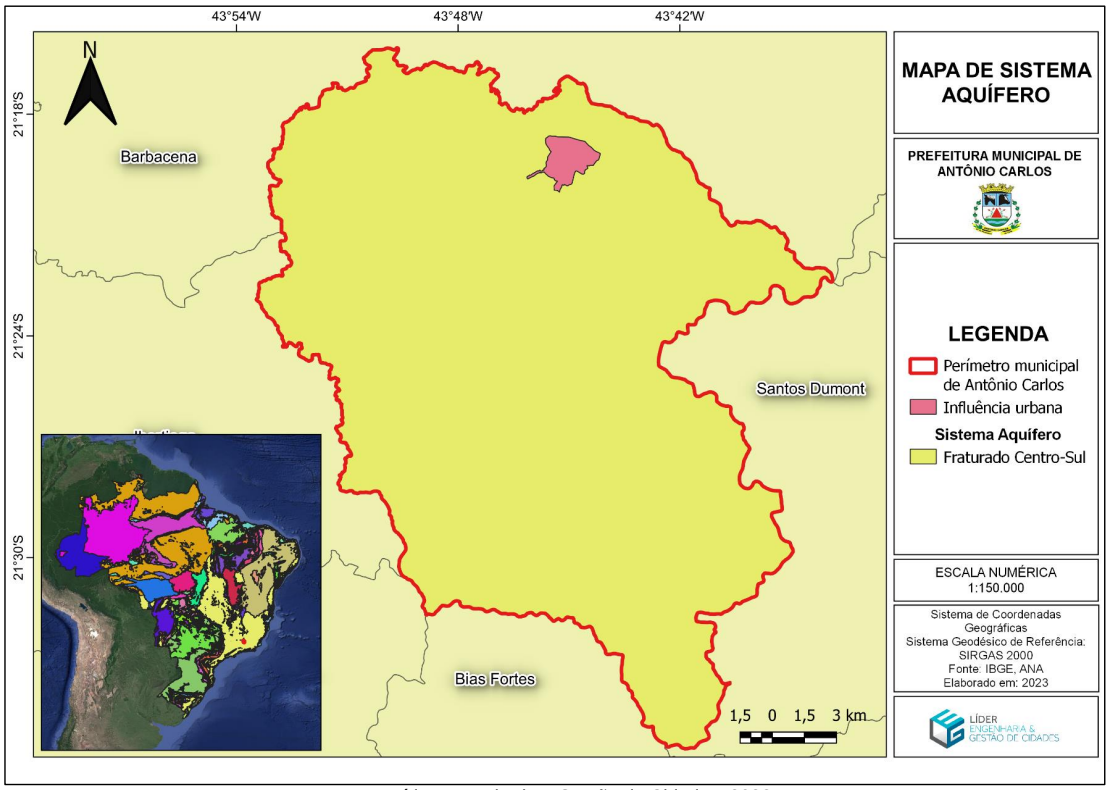
Em casos de carência de mananciais superficiais com qualidade para abastecimento da população, a água subterrânea passa a ser a principal fonte de abastecimento local. Entretanto, a locação de poços profundos para a obtenção de água subterrânea é dificultada pela natureza fissurada encontrada em aquíferos de determinadas regiões do país.

O cenário de escassez de recursos superficiais, tanto em grandes cidades como em pequenas Comunidades rurais, desencadeou a necessidade de melhoria do arcabouço legal para o controle da exploração do recurso. Em função da demanda por água subterrânea, pode acontecer a superexploração, ou seja, a extração de água em volume maior do que a recarga natural, alterando a dinâmica do ciclo hidrológico.

A quantidade, a qualidade e o fluxo das águas subterrâneas são determinados pelas características geotécnicas das rochas e dos sedimentos. Estas determinam a possibilidade de aproveitamento da água pelo homem em quantidade economicamente viável.

A partir do mapa a seguir, obtido pela base cartográfica disponibilizada pela Agência Nacional das Águas – ANA, pode-se observar que o sistema aquífero presente na área correspondente ao perímetro municipal do Município de Antônio Carlos, é o Fraturado Centro-Sul.

Figura 16 – Sistema aquífero correspondente a área do Município de Antônio Carlos – MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os sistemas aquíferos individualizados na Bacia do Vertentes do Rio Grande ou Rio das Mortes, segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos - UPGRH Rio das Mortes 2011, estão condicionados, fundamentalmente, às características litoestratigráficas, estruturais e geomorfológicas, que compõem o arcabouço geológico da região. Nesse sentido, nas diferentes associações de litossomas que ocorrem na Bacia, é possível definir duas categorias de aquíferos:

- Granulares ou porosos;
- Fissurados ou fraturados;

Os aquíferos porosos correspondem a aproximadamente 2% de área total da Bacia, totalizando cerca de 262 km². Enquanto que o aquífero fraturado ocupa 98% da área total da Bacia do Rio das Mortes, abrangendo cerca de 10.271 km².

Os aquíferos citados acima possuem baixa capacidade de armazenamento de água. Entretanto, apresentam elevado potencial de recarga, proveniente das espessas rochas resultantes de longos processos de intemperismo, onde situa-se grande volume de água da infiltração de águas pluviais.

2.1.2. 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.

Algumas captações de águas superficiais e subterrâneas, bem como de acumulações, não estão sujeitas à outorga sendo passível de Cadastro de Uso Insignificante. Desta forma, no Estado de Minas Gerais há duas legislações que garantem ao usuário o direito de se enquadrar como uso insignificante, a Deliberação Normativa CERH – MG, n° 09/2004, que define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no estado e, a Deliberação Normativa CERH – MG, n° 34/2010, que define o uso insignificante de poços tubulares localizados nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos e dá outras providências.

Sendo assim, a tabela abaixo mostra as informações das vazões outorgadas nas Sub-bacias e na Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes.

Tabela 14 – Síntese das vazões outorgadas nas Sub-bacias e Bacia do Rio das Mortes.

Sub-bacia	Vazão Outorgada (m³/s) x Classe de Uso				
	Consumo Humano	Dessedentação Animal	Irrigação	Industrial	Total
Alto Rio das Mortes	0,10595	0,00154	0,0336	0,4246	0,56569
Baixo do Alto Rio Grande	0,0002	0,0027	0,25511	0,31125	0,56926
Baixo Rio das Mortes	0,049	0	0	0,167519	0,216519
Médio Rio das Mortes	0,0251	0	0,1028	0,0133	0,1412
Ribeirão Barba de Lobo	0	0	0	0	0
Rio Carandaí	0,043	0,0106	0,00776	0,0156	0,07696
Rio do Cervo	0,0215	0	0,104736	0,0075	0,133736
Rio dos Peixes	0	0	0	0,0476	0,0476
Rio Elvas	0,01	0	0	0,00225	0,01225
Rio Jacaré	0,149	0,001	0,212	0,043	0,405
Bacia do Rio das Mortes	**0,403**	**0,016**	**0,716**	**1,032**	**2,167**

Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes – UPGRH GD2 Rio das Mortes, 2011. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.1.2.1. 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 águas 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 13.199/1999, a qual dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, responsável por regulamentar o regime de outorga de águas no Estado de Minas Gerais e, o Decreto n°45.565/2011, que aprova o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais.

Em Antônio Carlos não há legislações específicas sobre a questão hídrica, o município segue as determinações estadual e federal. Os serviços de

água são geridos pela COPASA e o esgoto são administrados pelo Poder Público local, com estrutura e competência da Secretaria de Obras.

2.1.3. Descrição dos Sistemas de Abastecimento de Água Atuais

No Município de Antônio Carlos o sistema de abastecimento de água é administrado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA. O sistema é na sua maioria abastecido por captação superficial e poços. De acordo com Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS referente ao ano de 2021, a população total abastecida no município é de 8.077 habitantes.

No município não há problemas relacionados a falta de água, o desabastecimento ocorre apenas quando há manutenção do sistema e, encerrando-se os reparos necessários, o sistema retorna a sua operação normalmente. Sobre o tratamento da água em Antônio Carlos há apenas uma ETA para tratar a água proveniente da captação superficial. O sistema também contém cinco estações elevatórias.

Na área rural não foi relatado problemas com o abastecimento de água para a população. Nas principais Comunidades rurais a captação ocorre da seguinte forma:

- Comunidade Curral Novo a captação é superficial e por poços;
- Comunidade São Sebastião de Campolide a captação é superficial;
- Dr. Sá Fortes a captação é realizada por poços.

De acordo com o SNIS 2021, a população rural de Antônio Carlos é de 3.394 pessoas.

2.1.4. 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 Antônio Carlos, ressaltando, que estes indicadores são elaborados pelo Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento – SNIS, e preenchidos pelos responsáveis técnicos da COPASA.

Tabela 15 - Sistema de indicadores do SNIS utilizados na avaliação dos serviços do SAA.

ITEM	INDICADOR	QUANTIDADE	UNIDADE	DISPONIVEL EM:
AG001	População total atendida com abastecimento de água.	7.966	Habitante	COPASA
AG002	Quantidade de ligações ativas de água.	3.456	Ligação	COPASA
AG003	Quantidade de economias ativas de água.	3.627	Economia	COPASA
AG005	Extensão da rede de água	47,07	Km	COPASA
AG006	Volume de água produzido	520,64	1.000m³/ano	SNIS
AG007	Volume de água tratado em ETA	294,32	l/s	COPASA
AG008	Volume de água micromedido	362,87	1.000m³/ano	SNIS
AG010	Volume de água consumido	362,87	1.000m³/ano	SNIS
AG011	Volume de água faturado	362,82	1.000m³/ano	SNIS
AG021	Quantidade de ligações totais de água	3.752	Ligação	SNIS
AG028	Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água	315,59	1.000kWh/ano	SNIS
IN003	Despesa total com os serviços por m^3 faturado	5,72	R$/m³	SNIS
IN004	Tarifa média praticada	5,83	R$/m³	SNIS
IN005	Tarifa média de água	5,49	R$/m³	SNIS
IN006	Tarifa média de esgoto	-	R$/m³	-
IN009	Índice de hidrometração	100	Percentual	SNIS
IN012	Indicador de desempenho financeiro	101,92	Percentual	SNIS
IN013	Índice de Perdas Faturamento	29,96	Percentual	COPASA
IN015	Índice de coleta de esgoto	100	Percentual	-
IN016	Índice de tratamento de esgoto	0	Percentual	-
IN021	Extensão da rede de esgoto por ligação	13,33	m/lig	-
IN022	Consumo médio per capita de água	124,90	l/hab./dia	COPASA

IN023	Índice de atendimento urbano de água	98,60	Percentual	COPASA
IN024	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendimento com água	86,67	Percentual	-
IN044	Índice de micromedição relativo ao consumo	100	Percentual	SNIS
IN046	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	0	Percentual	-
IN049	Índice de perdas na distribuição	29,95	Percentual	SNIS
IN050	Índice bruto de perdas lineares	9,85	m³/dia/Km	SNIS
IN051	Índice de perdas por ligação	124,12	l/dia/lig.	SNIS
IN053	Consumo médio de água por economia	8,40	m³/mês/econ.	SNIS
IN058	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.	0,61	kWh/m³	SNIS

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

De acordo com os parâmetros citados na tabela acima, percebe-se que na questão da hidrometração o Município de Antônio Carlos 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 cobranças 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”.

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.

2.1.5. Panorama da Situação Atual dos Sistemas Existentes

2.1.5.1. Captação

Como dito em capítulos anteriores, a captação de água para o abastecimento público no Município de Antônio Carlos ocorre através de captação superficial, esta realidade também ocorre para a população rural, mas, em algumas propriedades rurais a captação acontece através de poços. Sendo assim, a tabela abaixo mostra as características físicas do ponto de captação de água para o abastecimento urbano existentes no Município de Antônio Carlos.

Tabela 16 - Características físicas dos pontos de captação de água para o abastecimento urbano.

NOME	TIPO DE CAPTAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	MANANCIAL	VOLUME DE CAPTAÇÃO SUPERFICIAL L/s
Rio Bandeirinha	Superficial	21°19'55.62" 43°44'30.64"	Rio Bandeirinha	20,0

Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes – PDRH GD2, 2011. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O ponto de captação descrito na tabela acima possui macromedidor e o Rio Bandeirinha está enquadrado na Classe 1 de acordo com a Resolução

CONAMA n° 357/2005. Desta forma, a figura abaixo mostra o ponto de captação de água do município para o abastecimento público.

A Resolução CONAMA n° 357/2005 traz ainda em 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, de 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, de 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.

2.1.5.2. Tratamento

No Município de Antônio Carlos há uma ETA – Estação de Tratamento de Água, para tratar a água proveniente da captação superficial, onde a mesma situa-se próxima ao ponto de captação. Abaixo segue o registro fotográfico da entrada da ETA.

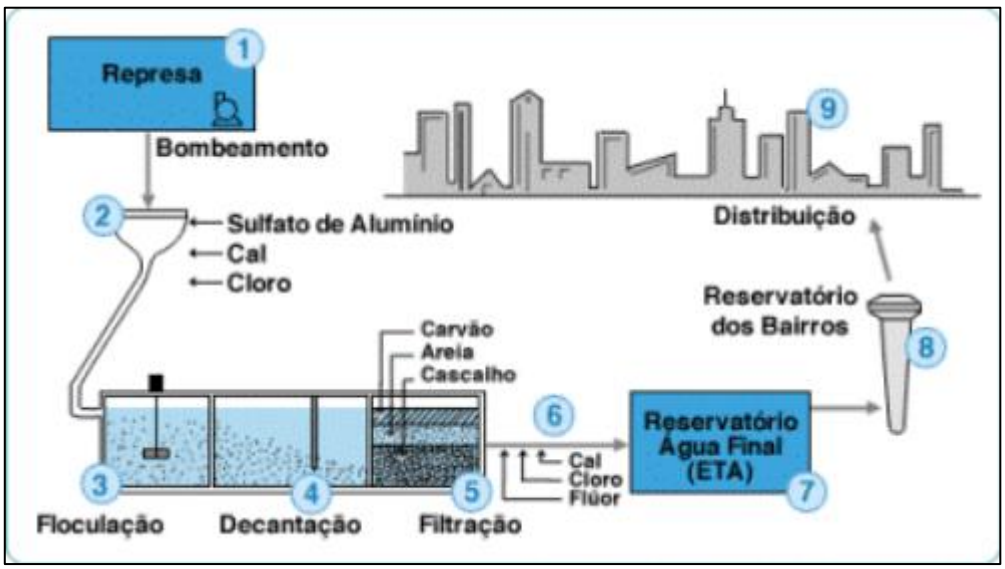
Figura 17 - Estação de Tratamento de Água do Município de Antônio Carlos.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A ETA possui capacidade de tratamento nominal de 20 l/s e tempo médio de funcionamento de 10 h/dia. O sistema de tratamento da ETA é do tipo convencional, sendo este realizado pela sucessão de etapas correspondentes a floculação, decantação e filtração, associado a processos físico-químicos.

Sendo assim, a figura a seguir demonstra as etapas de uma ETA convencional.

Figura 18 - Etapas de tratamento convencional de uma ETA.



Fonte: Foto de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Ressalta-se, que a Portaria da Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde, em seu Anexo XX, estabelece padrões de qualidade de água para consumo humano. Segundo a referida norma é dever e obrigação das Secretarias Municipais de Saúde a avaliação sistemática e permanente de risco à saúde humana do sistema de abastecimento de água ou solução alternativa, considerando diversas informações especificadas na portaria.

Para isso, considera-se como solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontais e verticais, dentre outras.

A Portaria da Consolidação nº 05/2017, também especifica atribuições aos responsáveis pela operação do sistema de abastecimento de água. A Portaria determina um número mínimo de amostras para controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas,

microbiológicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida por cada sistema e do tipo de manancial.

Sendo assim, a tabela abaixo indica, de acordo com a Portaria da Consolidação nº 05/2017, as análises quantitativas que devem ser feitas a fim de assegurar a qualidade da água.

Tabela 17 - Apresentação quantitativa das análises exigidas pela Portaria n°05/2017 - MS.

Parâmetro	Tipo de Manancial	Saída do Tratamento		Sistema de Distribuição					
				nº de Amostras			Frequência		
		Nº de Amostras	Frequência	< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	>250.000 hab.	< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	>250.000 hab.
Cor	Superficial	1	A cada 2h	10	1 por 5.000 hab.	40 + 1 por 25.000 hab.	Mensal		
	Subterrâneo	1	Semanal	5	2 por 10.000 hab.	40 + 1 por 50.000 hab.	Mensal		
Turbidez, CRL[1], Cloraminas, Dióxido de Cloro	Superficial	1	A cada 2h	Para todas as Amostras Microbiológicas Realizadas			Para todas as Amostras Microbiológicas Realizadas		
	Subterrâneo	1	2 x por semana						
pH e fluoreto	Superficial	1	A cada 2h	Dispensa Análise			Dispensa Análise		
	Subterrâneo	1	2 x por semana						
Gosto e Odor	Superficial	1	Trimestral	Dispensa Análise			Dispensa Análise		
	Subterrâneo	1	Semestral						
Cianotoxinas	Superficial	1	Semanal se >20.000 células/ mL	Dispensa Análise			Dispensa Análise		
Produtos Secundários da Desinfecção	Superficial	1	Trimestral	1	4	4	Trimestral		
	Subterrâneo	Dispensa análise	Dispensa análise	1	1	1	Anual	Semestral	Semestral
Demais Parâmetros[2]	Superficial ou subterrâneo	1	Semestral	1	1	1	Semestral		
Coliformes Totais	Superficial ou subterrâneo	2	Semanal	30 + 1 por 2.000 hab.		105 + 1 por 5.000 hab	Semanal		

(1) Cloro Residual Livre, (2) Agrotóxico ou Toxinas específicas.

Fonte: Portaria n° 05/2017 MS – Anexo XX. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O padrão microbiológico de potabilidade 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 18 - Padrão microbiológico de potabilidade da água.

Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.	
Parâmetro	**Valor máximo permitido (vmp)**
Água para consumo humano:	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Água na saída do tratamento:	
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede):	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Coliformes Totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês. Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 mL

Fonte: Portaria n° 05/2017 MS. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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

- Nos sistemas de distribuição, em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais deve ser feita a contagem de bactérias heterotróficas e, quando excedidas 500 Unidades Formadoras de Colônia (UFC) por ml, deve-se providenciar imediata coleta e inspeção local, sendo tomadas providências cabíveis no caso de constatação de irregularidade;

- 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;

- A água deve ter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L após a desinfecção, mantendo no mínimo 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, sendo recomendado que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e o tempo de contato mínimo seja de 30 minutos;

- Em qualquer ponto do sistema de abastecimento, o teor máximo de cloro residual livre recomendado é de 2,0 mg/L;

- O pH da água deve ser mantido no sistema de distribuição na faixa de 6,0 a 9,5;

- A água potável também deve atender o padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde, conforme relação apresentada na Portaria da Consolidação nº 05/2017 – Anexo XX;

- Parâmetros radioativos devem estar dentro do padrão estabelecido, porém a investigação destes apenas é obrigatória quando existir evidência de causas de radiação natural ou artificial;

- 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 19 - Parâmetros básicos de aceitação para o consumo humano.

Parâmetro	Valor Máximo Permitido (VMP)
Amônia (como NH_3)	1,5 mg/L
Cloreto	250 mg/L
Cor Aparente	15 uH (Unidade Hazen – padrão de platina-cobalto)
Dureza	500 mg/L
pH	6,0 a 9,5
Fluor	1,5 mg/L
Cloro Residual Livre (CRL)	2,0 mg/L
Odor	Não objetável
Gosto	Não objetável
Sólidos dissolvidos totais	1000 mg/L
Turbidez	5 uT (Unidade de Turbidez)

Fonte: Portaria n° 05/2017 MS. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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.

Nesse sentido, ressalta-se que a frequência das análises químicas ocorre de forma periódica, a ETA situada na Sede de Antônio Carlos realiza análises da qualidade das águas a cada 2 horas, enquanto para os demais Distritos as análises ocorrem uma vez por semana.

2.1.5.3. 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 explícita as principais formas de transmissão.

Tabela 20 - 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, 2023.

Em relação a ocorrência de doenças de veiculação hídrica no Município de Antônio Carlos, de acordo com técnicos da Prefeitura, não há casos de

transmissões entre a população, pois, o Poder Público local garante para os seus habitantes a potabilidade da água servida, através do atendimento a todas as Normas e Resoluções que determinam o seu padrão de qualidade.

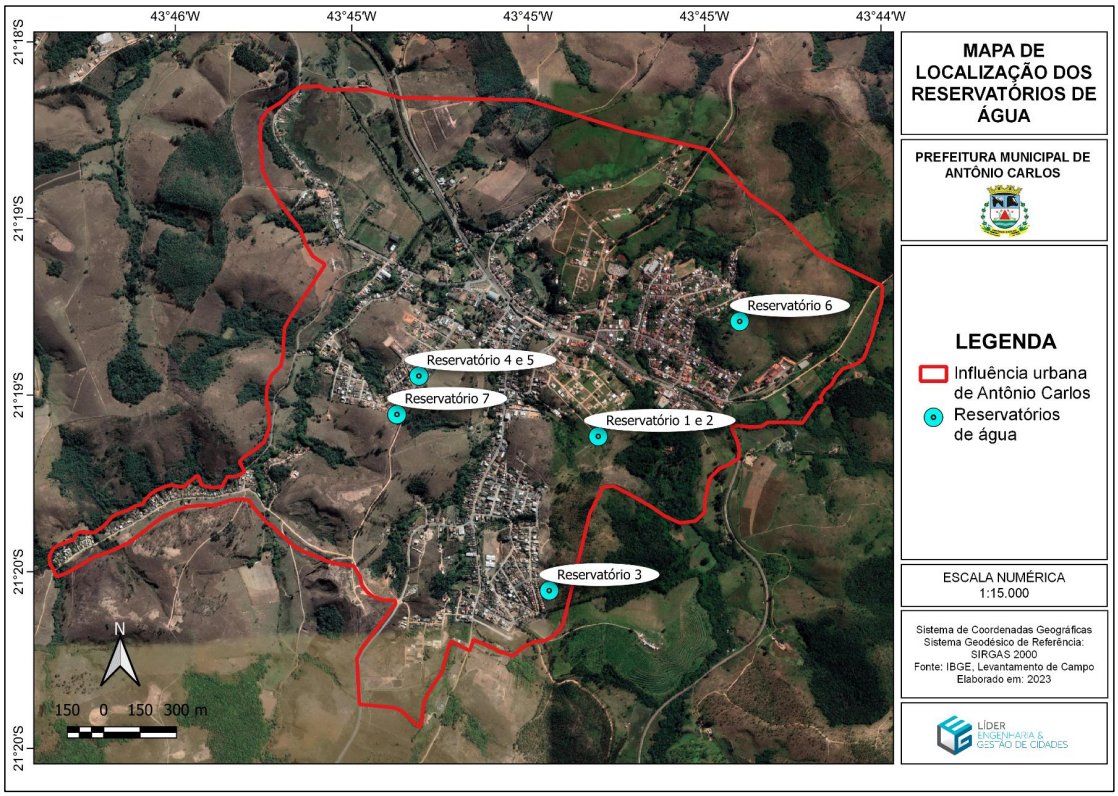
Além, de haver entre a Vigilância Sanitária Municipal, Secretaria de Saúde Municipal e a COPASA uma cooperação mútua para garantir a qualidade do abastecimento do Município de Antônio Carlos.

2.1.5.4. Reservação

Em relação ao sistema de reservação de água para o abastecimento público de Antônio Carlos, de acordo com informações da COPASA, o total é de sete reservatórios espalhados pela área urbana da sede do Município. Destes sete reservatórios, dois deles possuem uma capacidade igual a 200 m³ à 130 m³, do tipo semienterrados. Além destes, os outros existentes são reservatórios apoiados e elevados para distribuição após a ETA, apresentando capacidade aproximada variada de 30 à 15 m³.

Sendo assim, o mapa a seguir mostra a localização dos reservatórios existentes na sede do município.

Figura 19 - Mapa de localização dos reservatórios de água da Sede do Município de Antônio de Carlos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Após a etapa de tratamento os reservatórios são abastecidos, e por gravidade estes reservatórios atendem o centro da cidade e o restante dos bairros do Distrito sede do município. Sendo assim, as figuras abaixo mostram alguns dos reservatórios existentes que compõem o sistema público de abastecimento de água.

Figura 20 – Registros fotográficos dos reservatórios de água.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.1.5.5. Distribuição

Após a etapa de captação, tratamento e reservação, ressaltando que o tipo de tratamento de água para o abastecimento público no Município de Antônio Carlos é do tipo convencional, a água passa pelo sistema de distribuição, o qual é composto por uma malha de partilha da água tratada. No município, de acordo com a COPASA, há um alto índice de atendimento, servindo 7.966 habitantes, abrangendo desta forma 98,62% da população urbana.

O sistema é operado por bombas de distribuição localizado no ponto de captação, sendo a captação do tipo superficial, como já mencionado anteriormente. O sistema conta com etapas de distribuição de água por gravidade não havendo no município problemas com pressão insuficiente para atender os bairros da área urbana.

De acordo ainda com informações da COPASA, Antônio Carlos possui 3.456 ligações, sendo que 100% destas ligações possuem micromedição. 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.

Sobre a rede de distribuição de Antônio Carlos, de acordo com o SNIS 2021, informa que a extensão é de 47.070 metros. O sistema é composto por uma malha de partilha da água tratada. O sistema é operado com bombas de distribuição e pressurizadores do tipo booster divididos pelo município.

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:

<u>Produção:</u>

- 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.

<u>Ambiental:</u>

- 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 Município de Antônio Carlos, apresentando um comparativo também com valores do Estado de Minas Gerais e com o Brasil. Ressaltando, 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 21 - Comparação dos índices de perdas municipal, estadual e nacional.

Índice	Objetivo	Antônio Carlos	Minas Gerais	Brasil
IN013 Índice de Perdas de Faturamento	Avaliar em termos percentuais o nível da água não faturada sem o volume de serviço (%)	29,96	37,38	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 (%).	29,95	37,52	40,14
IN051 Índice de Perdas por Ligação	Avaliar o nível de perdas da água efetivamente consumida em termos unitários (l/lig./dia).	124,12	264,33	343,37

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Observando os dados expostos na tabela acima, nota-se que o índice IN013 no Município de Antônio Carlos é menor que a média estadual e do Brasil, 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.

Com os dados do índice IN013 a COPASA encontra possibilitada de aferir as perdas reais e de assim promover ações eficientes de combate as questões relacionadas as perdas. Sendo assim, no índice IN049, comparando os valores verifica-se que o município também está abaixo do índice brasileiro e abaixo da média estadual.

Contudo, ressalta-se que esses valores podem não refletir a realidade, já que a macro e micromedição podem ser deficitárias. Por fim, o Índice de Perdas por Ligação – IN051, está também abaixo do valor médio entre o apresentado pelo Estado de Minas Gerais e pelo Brasil, isto indica que o município se encontra em uma boa posição em nível estadual e nacional.

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 macromedidores e do gerenciamento das pressões na rede. Ressalta-se, que o procedimento citado neste parágrafo é realizado pela COPASA.

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.

2.1.5.6. Zona Rural

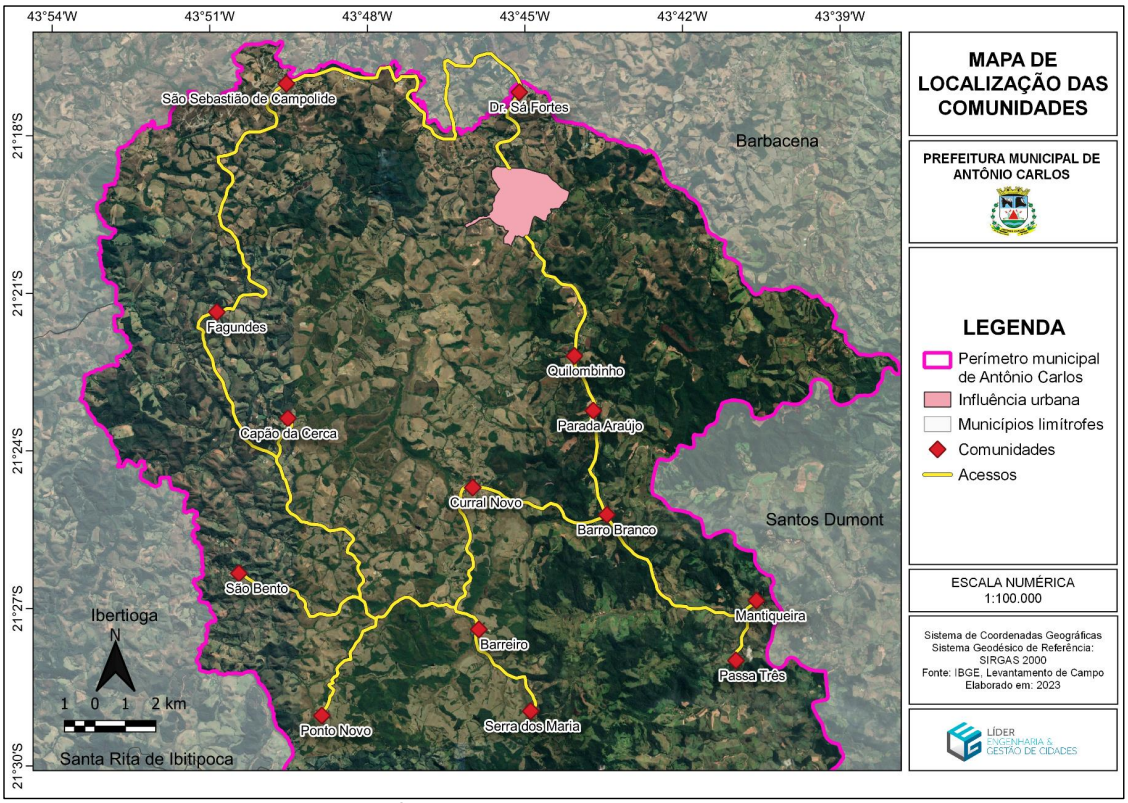
O município conta com 14 regiões dentre elas Distritos e Comunidades na Zona Rural denominadas como, São Sebastião do Campolide, Sá Fortes, Quilombinho, Araújo, Barro Branco, Curral Novo, Mantiqueira, Passa Três, São Bento, Barreiro, Serra dos Maria, Ponto Novo, Capão da Cerca e Fagundes.

Serão descritos nesse tópico de modo mais detalhado as Comunidades de São Sebastião de Campolide, Sá Fortes e Curral Novo. No que tange as

Comunidades restantes, as mesmas possuem abastecimento por captação de poços, reservatórios variando a capacidade de armazenamento de água entre 500 L a 1.000 L e não apresentam ETA (Estação de Tratamento de Água) convencional.

Abaixo segue o mapa de localização das Comunidades do Município de Antônio Carlos.

Figura 21 - Mapa de localização das Comunidades rurais do Município de Antônio Carlos - MG.



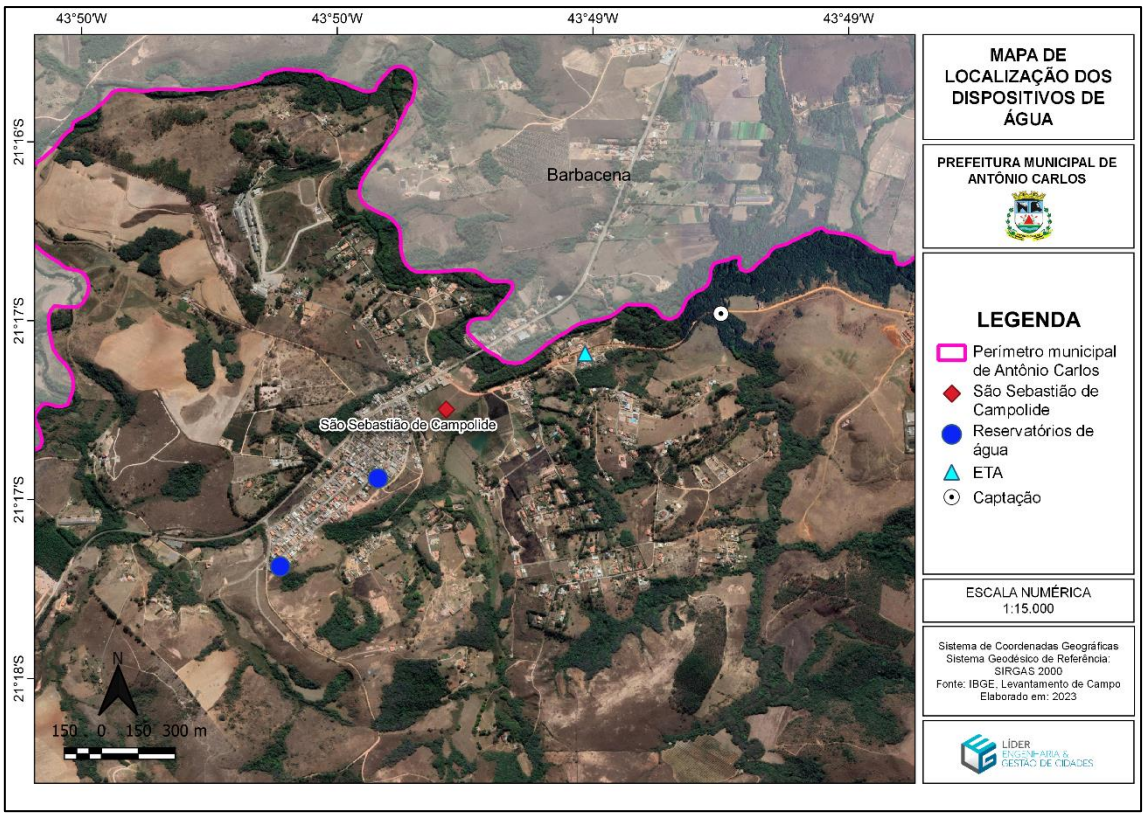
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

São Sebastião de Campolide

Em São Sebastião de Campolide o abastecimento de água para a população residente é realizado a partir da captação de água superficial, suprindo as necessidades de toda a população do local em relação a demanda de água. Apresentam reservatórios dos tipos semienterrado e apoiado, dos quais tem uma reservação de 50 e 100 m³ e uma Estação de Tratamento de Água (ETA) convencional, a qual apresenta vazão de 5 L/s.

Abaixo segue o mapa de localização dos dispositivos de água da respectiva comunidade e o registro fotográfico do ponto de captação e de parte da ETA.

Figura 22 - Localização dos dispositivos de água da Comunidade São Sebastião de Campolide.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 23 - Registros fotográficos do ponto de captação e da ETA.

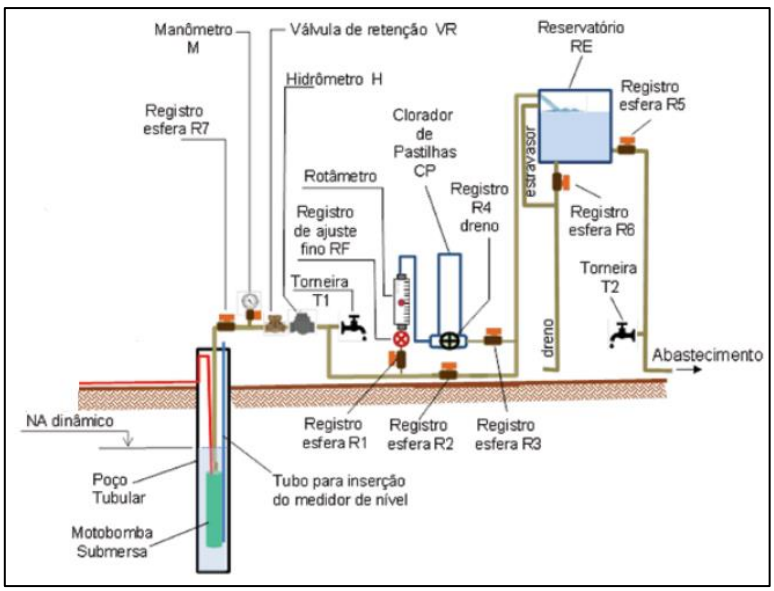
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Dr Sá Fortes

Em Sá Forte o abastecimento de água é realizado através da captação de água subterrânea por dois poços, sendo estes responsáveis pelo abastecimento da comunidade. Após a captação dos poços, a água é destinada para a EAT (Elevatória de Água Tratada) onde passa por tratamento antes de ser destinada ao reservatório.

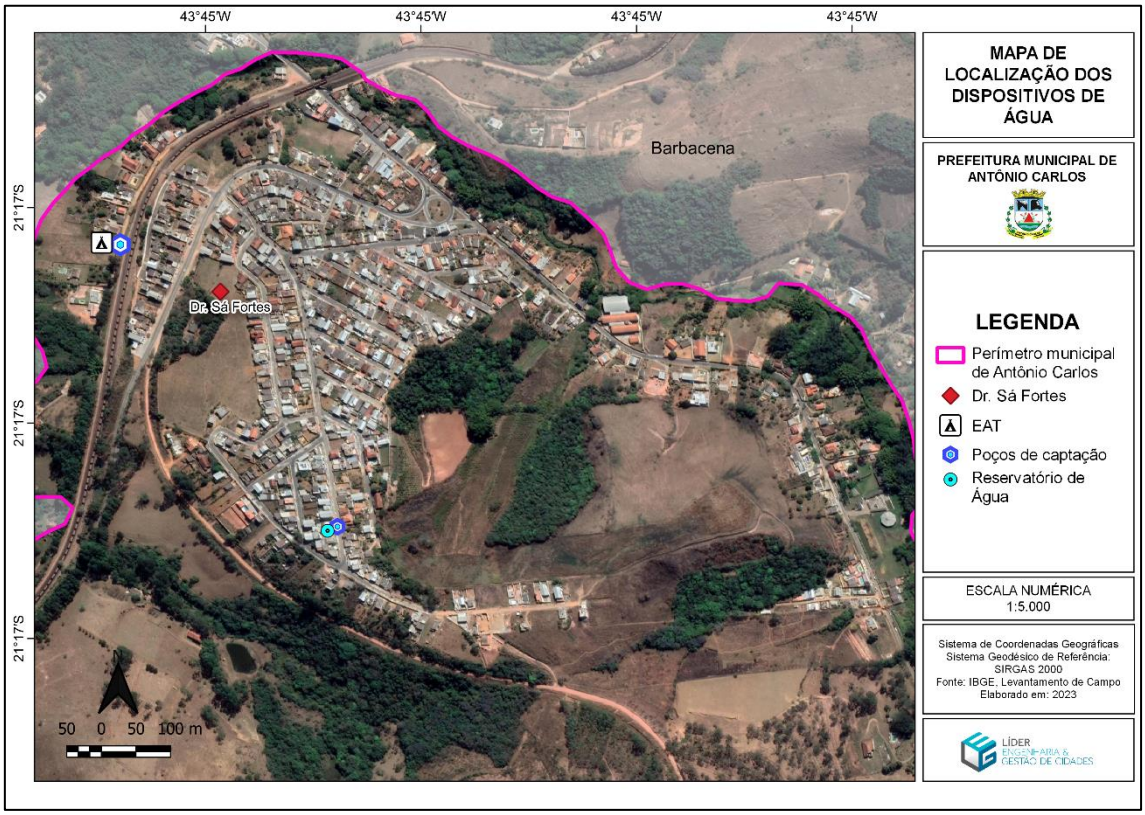
Abaixo a figura que contém o esquema representativo de tratamento para águas provenientes de poços, bem como o mapa de localização dos dispositivos de água dessa comunidade e registros fotográficos.

Figura 24 - Esquema de tratamento de água subterrânea com cloração simples.



Fonte: Foto de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 25 - Mapa de localização dos dispositivos de água da Comunidade Dr. Sá Fortes.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 26 - Registros fotográficos do poço de captação e da EAT.

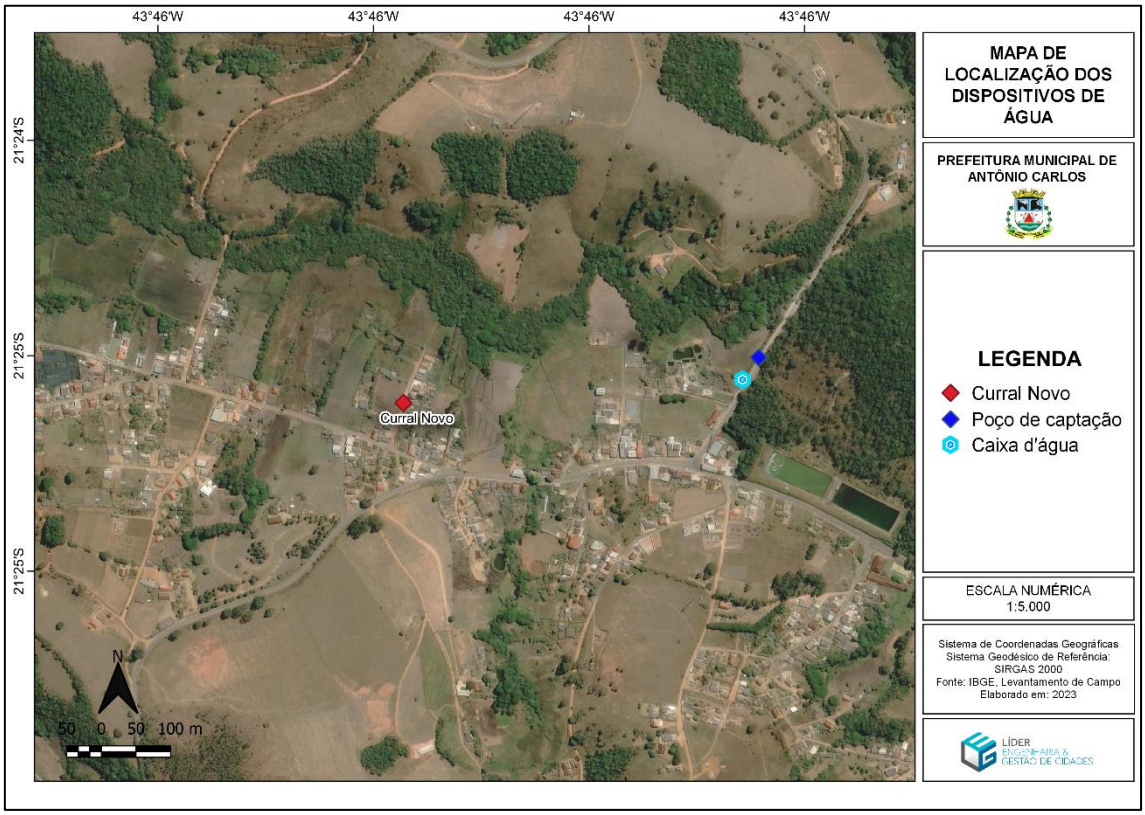
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Curral Novo

Em Curral Novo o abastecimento é feito a partir da captação de poço, que abastece toda a população local, essa água coletada do poço é bombeada para uma caixa d'água e em seguida distribuída pelo Distrito.

Abaixo segue o mapa de localização dos dispositivos de água e o registro fotográfico da caixa d'água.

Figura 27 - Mapa de localização dos dispositivos de água da Comunidade Curral Novo.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 28 - Registro fotográfico da caixa d'água na Comunidade Curral Novo.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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

Com base nos dados disponibilizados pelo SNIS 2021, 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 Antônio Carlos.

Tabela 22 - Volume, faturado e produzido em Antônio Carlos.

Ano	Volume Consumido - m³/ano	Volume Faturado - m³/ano	Volume de água produzido – m³/ano
2021	363.000	363.000	520.000

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os dados acima mostram que o volume consumido é igual ao volume faturado e o volume produzido possui um alto valor, de acordo com o SNIS 2021. Desta forma, percebe-se através destes valores que há um alto índice de perdas no sistema de captação e distribuição do município, totalizando em 30,19% 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.

Especificamente em Antônio Carlos, de acordo com informações do SNIS, a cobrança pelo uso da água é realizada mensalmente, com cobrança da tarifa média de água é de aproximadamente no valor de cinco reais e quarenta e nove centavos.

Desta forma, com o intuito de apresentar mais informações sobre os custos operacionais realizados para o Município de Antônio Carlos, abaixo segue a tabela com as informações do SNIS – 2021 e, a metodologia de cálculo para os principais indicadores.

Tabela 23 - Indicadores do sistema de abastecimento de água - SAA.

ITEM	INDICADOR	R$/ano	R$/m³
FN002	Receita operacional direta de água	1.990.643,65	-
FN005	Receita operacional total (direta + indireta)	2.131.261,17	-
FN006	Arrecadação total	2.192.564,22	-
FN013	Despesa com energia elétrica	249.941,78	-
FN014	Despesa com serviços de terceiros	37.197,07	-
FN015	Despesas de exploração	1.309.727,39	-
IN003	Despesa total com os serviços por m³ faturado	-	5,72
IN004	Tarifa média praticada	-	5,83
IN005	Tarifa média de água	-	5,49

Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 Antônio Carlos, do Município de Itanhomi, utilizado como município de comparação, como dito em capítulos anteriores, do Estado de Minas Gerais e do Brasil. Lembrando que a unidade dos valores apresentados é em R$/m³.

Tabela 24 - Comparativo de valores praticados.

Índice	Antônio Carlos	Itanhomi	Minas Gerais	Brasil
IN003	5,72	6,09	3,69	3,98
IN004	5,83	5,71	4,14	4,25
IN005	5,49	5,55	4,50	4,55

Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Analisando-se os dados contidos na tabela acima, observa-se que o Município de Antônio Carlos, no índice de despesa total – IN003, apresentou um valor de 5,72 R$/m³, sendo este valor, pouco inferior ao Município de Itanhomi, e superior ao Estado de Minas Gerais e ao Brasil.

No índice da tarifa média praticada – IN004, o valor foi de 5,83 R$/m³, sendo este superior ao Município de Itanhomi que possui o valor de 5,71R$/m³, sendo este valor também superior as tarifas praticadas no Estado de Minas Gerais e no Brasil.

Enquanto que no índice da tarifa média de água – IN005, o valor no Município de Antônio Carlos foi 5,49 R$/m³, novamente inferior ao Município de Itanhomi, com tarifa média de água de 5,55 R$/m³ e, novamente com valor superior ao Estado de Minas Gerais e ao Brasil. 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:

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

O FN006 apresentou um valor de R$2.192.564,22, e o FN015 apresentou um valor de R$1.309.727,39, gerando um valor positivo de R$882.836,83 ao SAA do município.

2.1.8. Análise Crítica do Sistema de Abastecimento de Água de Antônio Carlos

As principais deficiências que podem ser citadas no SAA de Antônio Carlos são:

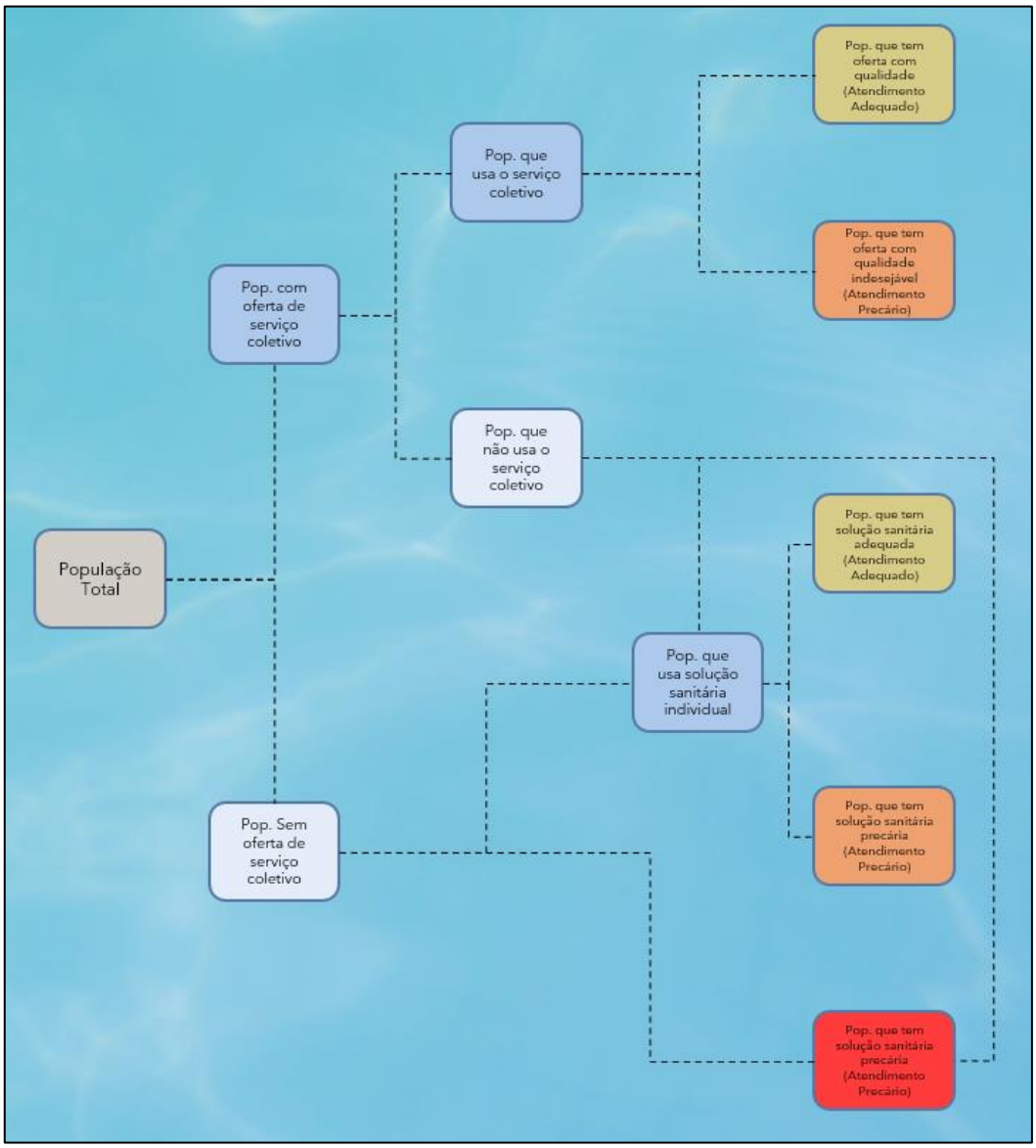
- Necessidade de reduzir perdas no sistema de abastecimento;
- Rede de distribuição sem setorização e cadastro de rede.

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.

2.2. Sistema de Esgotamento Sanitário

Tendo em vista a situação atual do Esgotamento Sanitário do Município de Antônio Carlos, observa-se que o déficit deste serviço pode ser definido em virtude da falta de investimentos ou da oferta de soluções sanitárias individuais ou coletivas. A carência na oferta deste serviço também pode ser relacionada ao crescimento aliado a falta de planejamento e investimento nesse eixo. Dentro dessa perspectiva, o fluxograma abaixo ilustra esta classificação.

Figura 29 - Classificação do acesso ao Serviço de Esgotamento Sanitário.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A zona urbana de Antônio Carlos, não conta com Estações de Tratamento de Efluentes – ETEs, então todo o esgoto é direcionado para o Rio Bandeirinhas e o Córrego Pitangueiras. Entretanto, possui 2,0 km de extensão de rede de coleta de esgoto e segundo o SNIS 2021, 96,46% da população tem acesso à coleta e 0% ao tratamento de esgotos sanitários no município.

2.2.1. Características gerais dos Sistemas de Esgotamento Sanitário

2.2.1.1. Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's)

Segundo Von Sperling (1996), 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.

No Município de Antônio Carlos não existem estações de tratamento de esgotos, portanto infere-se que todo o esgoto coletado acaba por ser lançado *in natura* no Rio Bandeirinha e parte no Córrego Pitangueiras, ou, nos locais onde não há rede coletora, diretamente no solo, galerias pluviais ou fossas rudimentares.

2.2.2. 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 Art° 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%.

O corpo hídrico que recebe os efluentes domésticos no Município de Antônio Carlos é o Rio Bandeirinhas. A sub-bacia do Rio Bandeirinhas detém a sede urbana em sua área de drenagem, as quais descarregam todo o esgoto sem tratamento no rio que possui Classe 1, de acordo com Plano Diretor De Recursos Hídricos Da Bacia Hidrográfica Do Rio Das Mortes - Rio Das Mortes – GD2.

Diante das informações levantadas, pode-se afirmar que os usos preponderantes das águas da sub-bacia do Rio Bandeirinhas, eram de águas 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, de 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;

Como potenciais fontes de poluição:

- Difusas rurais:

- A sub-bacia tem sua cobertura vegetal alterada em grande parte para pastagem, foram visualizadas grandes áreas para a criação de gado, o que aumenta o potencial da poluição das águas por coliformes. Além disso, as pastagens degradadas são grandes fontes de sedimentos para os cursos d’água dado o aumento do escoamento superficial das chuvas.

- As estradas de terra, que são muitas na sub-bacia, também são grandes fontes de sedimentos para os cursos d’água, e também devem ser consideradas.

- As áreas de cultivo com a utilização de agrotóxicos podem ser consideradas como fontes difusas de poluição no meio rural, e foram identificadas em grande escala na sub-bacia.

➢ Difusas urbanas:

- Lançamentos de esgotos *in natura* pela sede urbana;

Não há analises de montante e jusante nos pontos de lançamento principais da rede coletora de esgotos no referido corpo hídrico, bem como são desconhecidas as localizações exatas dos pontos de poluição difusa oriundos do lançamento indiscriminado de efluentes domésticos no rio e córregos menores da cidade que desaguam no Rio Bandeirinhas.

2.2.3. 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:

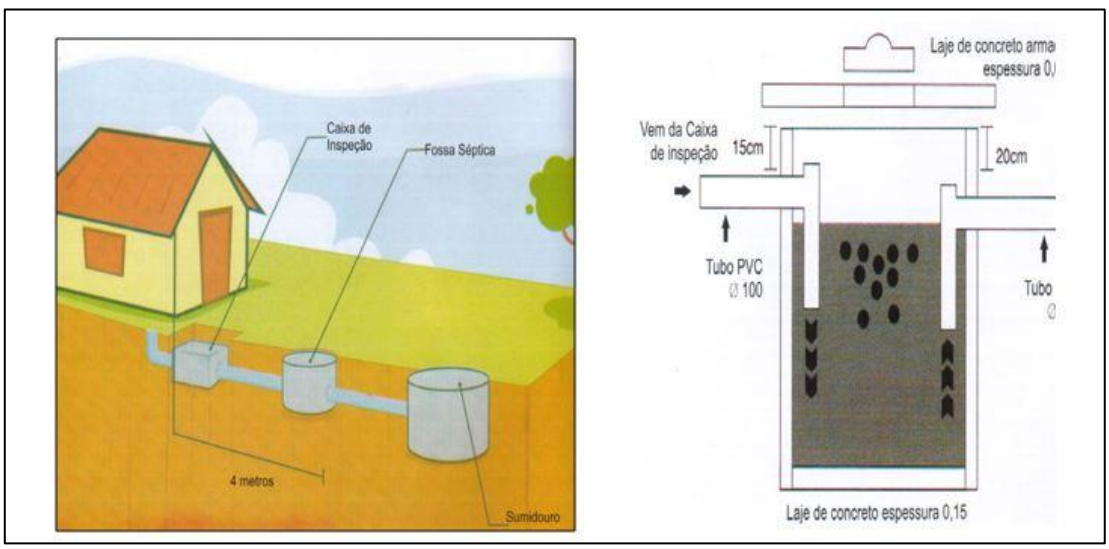
- Separação gravitacional da escuma e dos sólidos, em relação ao líquido afluente, vindo os sólidos a se constituir em lodo;
- Digestão anaeróbia e liquefação parcial do lodo;
- Armazenamento do lodo.

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 30 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas.



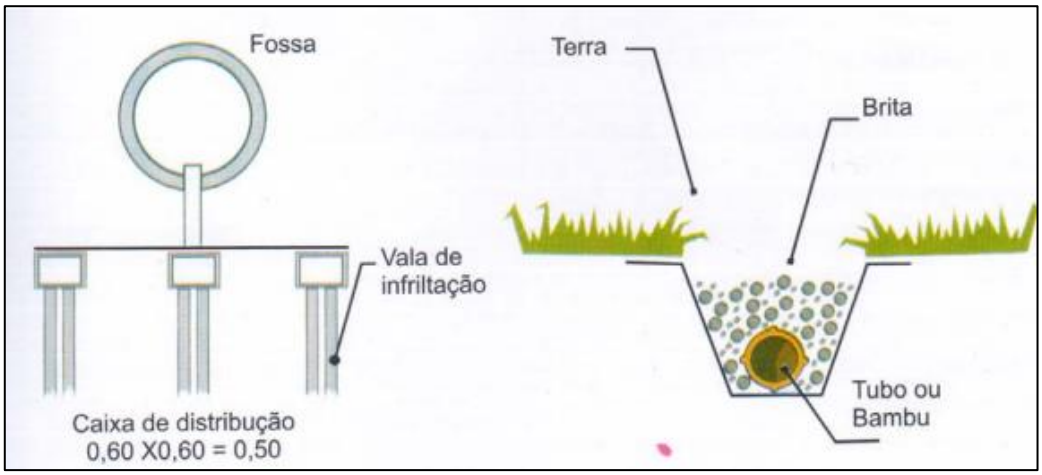
Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 31 – Sistema de tratamento individual – Valas de Infiltração.



Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

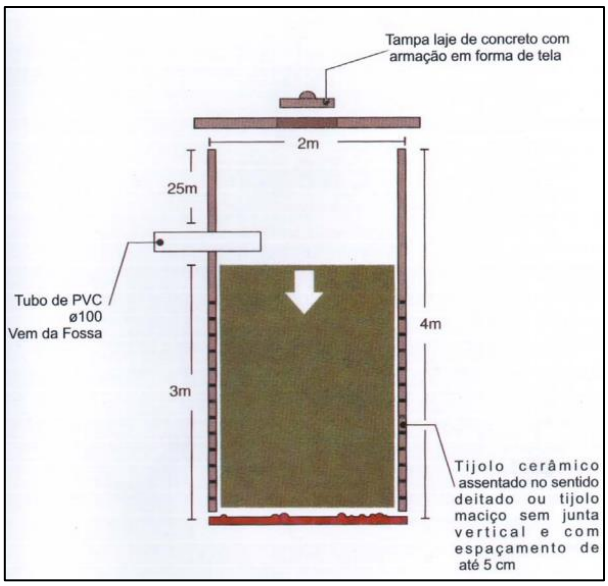
O sumidouro é um poço sem laje de fundo que permite a penetração do efluente da fossa séptica no solo. O diâmetro e a profundidade dos sumidouros dependem da quantidade de efluentes e do tipo de solo. Mas não devem ter menos de 1m de diâmetro e mais de 3m de profundidade, para simplificar a construção.

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.

A Secretaria de Obras, 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 32 – Sistema individual de tratamento – Sumidouro.



Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 33 – Estação Compacta de Tratamento de Esgotos Sanitários.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de cidades, 2023.

Assim, a construção de programas que incentivem as Comunidades rurais a implantarem esses sistemas, se mostra importante para as regiões que ainda

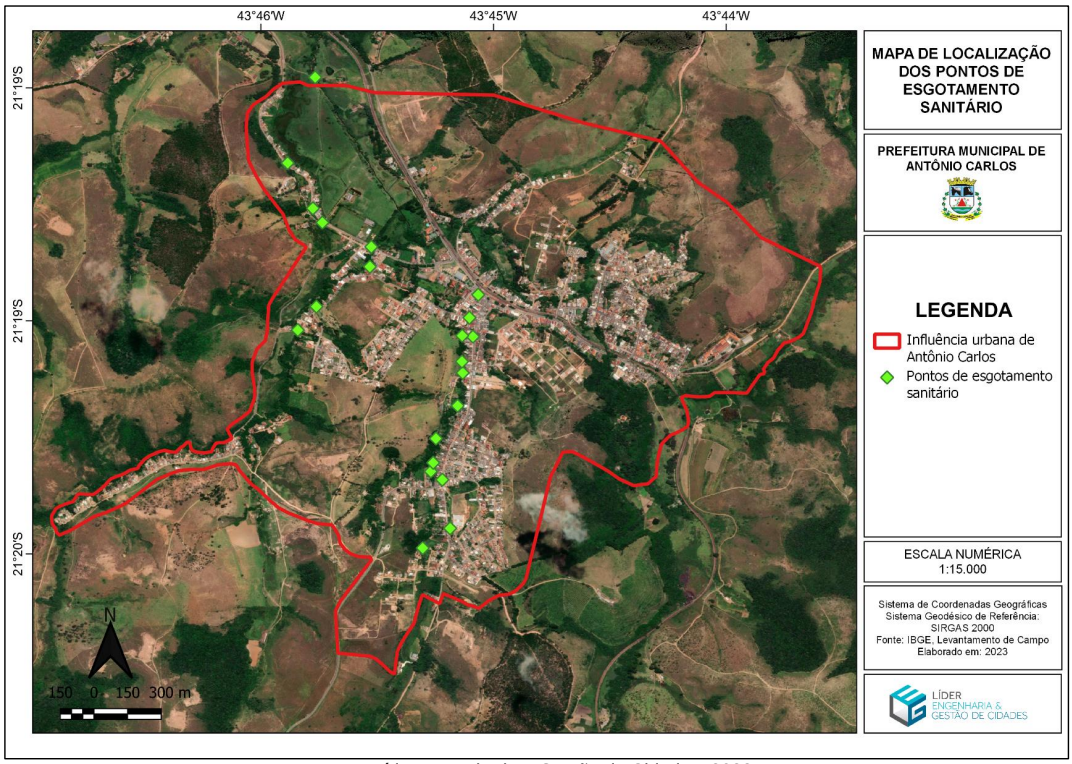
não são atendidas, visto que muitas destas áreas têm os esgotos domésticos lançados a céu aberto ou diretamente nos mananciais.

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.

No Município de Antônio Carlos não há um programa de acompanhamento ou fiscalização para os sistemas individuais, aumentando assim a potencialidade de contaminação dos solos, águas subterrâneas e superficiais.

Abaixo segue o mapa de localização dos pontos de esgotamento sanitário identificados na área urbana do Município de Antônio Carlos, bem como registros fotográficos de alguns destes pontos.

Figura 34 - Mapa de localização dos pontos de esgotamento sanitário da área urbana de Antônio Carlos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 35 - Registros fotográficos dos pontos de esgotamento sanitário.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.2.3.1. São Sebastião de Campolide

A Comunidade São Sebastião de Campolide não possui Estação de Tratamento de Esgoto, porém possui sistema de rede coletora. Nesse sentido, de acordo com informações obtidas junto aos técnicos da Prefeitura, é coletado cerca de 80% de todo esgoto na comunidade e o despejo *in natura* ocorre no Rio das Mortes.

Figura 36 - Ponto de esgotamento identificado no Rio das Mortes na Comunidade São Sebastião de Campolide.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.2.3.2. Dr. Sá Fortes

A Comunidade Dr. Sá Fortes não possui Estação de Tratamento de Esgoto, porém possui sistema de rede coletora. Nesse sentido, de acordo com informações obtidas junto aos técnicos da Prefeitura, é coletado cerca de 90% de todo esgoto na comunidade e o despejo *in natura* ocorre 20% no Córrego dos Pombos e 80% no Rio das Mortes.

Figura 37 - Ponto de esgotamento sanitário identificado na Comunidade Dr. Sá Fortes.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.2.3.3. Curral Novo

A Comunidade Curral Novo não possui Estação de Tratamento de Esgoto, porém possui sistema de rede coletora. Nesse sentido, de acordo com informações obtidas junto aos técnicos da Prefeitura, é coletado cerca de 80% de todo esgoto na comunidade e o despejo *in natura* ocorre no Ribeirão Curral Novo.

Na área central do Distrito situa-se uma indústria de laticínios, onde a mesma possui ETE para tratamento de seus efluentes. Contudo, localiza-se na zona urbanizada da comunidade, o que gera desconforto visual e de odores na região.

Figura 38 - Ponto de esgotamento sanitário identificado na Comunidade Curral Novo.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.2.4. Geração Atual 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. O consumo per capita de água varia 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 NBR 9.649 que diz para se adotar o valor de 80% para o coeficiente de retorno.

Desta maneira, faz-se necessário estabelecer coeficientes que traduzam essas 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 NBR 9649 da ABNT recomenda o uso de K1 = 1,20, K2 = 1,50 e K3 = 0,50. A seguir a tabela mostra os valores de vazão anual do município de Antônio Carlos para o cenário do último SNIS.

Tabela 25 - Geração atual de esgotos domésticos.

Ano	População urbana atendida com abastecimento de água (hab)	Volume de água consumido (m³/ano)	Volume de esgoto gerado anual (m³/ano)	Volume de esgoto gerado per capta anual (m³/hab)	Volume diário per capta de esgoto gerado (L/hab.dia)
2021	8.077	362,87	290,29	27,82	35,90

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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. É preciso levantamentos de campo na área, incluindo amostragens dos poluentes, análises de laboratórios, medição de vazões e outros. Caso não seja possível a execução de todos estes itens, pode-se complementar com dados de literatura (VON SPERLING, 2005).

De acordo com Von Sperling (2005), vários cálculos a quantificação dos poluentes devem ser mostrados em termos de cargas. 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 formula.

$$E = \frac{Co - Ce}{Co} .100$$

Sendo:

E: eficiência de remoção (%);

Co: concentração afluente do poluente (mg/L);

Ce: concentração efluentes do poluente (mg/L);

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 de tempo, numa temperatura de incubação específica.

Um período de tempo de 5 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 DBO5,20 de 54 gramas por habitante por dia. Assim

sendo apresentam-se, na Tabela abaixo, as cargas orgânicas (DBO) previstas para o período do SNIS, referentes ao Município de Antônio Carlos.

Tabela 26 - Projeção da carga orgânica.

Ano	População Não Atendida com Tratamento de Esgoto	Carga Orgânica (Kg de DBO/dia) sem Tratamento.
2021	8.077	181,48

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.2.5. Análise Crítica do Sistema de Esgotamento Sanitário de Antônio Carlos

A seguir, serão descritos os principais problemas relacionados ao Sistema de Esgotamento Sanitário de Antônio Carlos, os quais embasarão as soluções propostas no Prognóstico.

- Inexistência de Estação de Tratamento de Esgoto no Distrito Sede;
- Inexistência de Estação de Tratamento de Esgoto em Comunidades;
- Ausência de cadastro ou fiscalização na disposição dos efluentes na zona urbana e zona rural;
- A falta de técnicos responsáveis por instruir os moradores localizados na área rural para realizar o lançamento de esgoto de forma correta.

2.3. Sistema de Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos

Neste capítulo serão apresentadas e discutidas as características dos resíduos sólidos urbanos gerados no Município de Antônio Carlos e as suas devidas classes de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei n° 12.305/ 2010, assim como a sua destinação final.

Ressalta-se que não há no município um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS, e não há também uma legislação própria para tratar especificamente sobre as questões dos resíduos, pautando-se apenas em normas federais e estaduais para a gestão deste eixo do saneamento básico. Ressalta-se também, que em Antônio Carlos a Secretaria de Transportes é a responsável por gerir o sistema de limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos.

Desta forma, é importante também apresentar um panorama sobre os serviços de gestão de resíduos sólidos e limpeza pública da região sudeste, no qual, os seus 1.304 municípios, incluindo o Município de Antônio Carlos, geraram 28,23 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos – RSU, no ano de 2020, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.

Sendo assim, a tabela abaixo mostra o total da população urbana nas cinco regiões brasileiras e a quantidade de resíduos coletados no ano de 2020.

Tabela 27 - Quantidade de resíduos gerados nas regiões do Brasil no ano de 2020.

Macrorregião	Qtd. Municípios da Amostra	População Urbana	Massa coletada per capita - kg/hab./dia	Quantidade de RDO+RPU em função da pop. urb. (milhões de ton./ano)
Norte	239	13.606.102	0,97	4,82
Nordeste	859	41.971.407	1,21	18,54
Sudeste	1.304	82.276.710	0,94	28,23
Sul	996	25.642.279	0,85	7,96
Centro-Oeste	314	14.512.251	1,05	5,56
Total 2017	3.432	175.588.503	0,95	61,91
Total 2018	3.468	176.539.719	0,96	62,78
Total 2019	3.712	178.011.749	0,99	65,11

Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

De acordo com os dados da ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, no ano de 2019, 98,1% de todo o resíduo gerado na região sudeste foi coletado. Destes, 27,6% foram encaminhados para lixões e aterros controlados. De acordo ainda com a ABRELPE, no mesmo ano de 2019, na região sudeste, o total de recursos aplicados no serviço de limpeza urbana por habitante foi de 5,12 R$/hab/mês.

Para o Município de Antônio Carlos, de acordo com o SNIS referente ao ano de 2021, a geração per capita de resíduos é de 0,62kg/hab.dia, e o total de resíduos sólidos domiciliares e de limpeza pública coletados no mesmo ano foi de 1.816 toneladas, atendendo a 8.000 habitantes entre a área urbana e a área rural do município.

O cálculo para estimar a geração per capita é fundamentado através de dados disponibilizados pelo próprio SNIS, sendo:

- CO050: Pop urbana atendida no município abrangendo o Distrito-sede e localidades;
- CO119 - Quantidade total de RDO e RPU coletada por todos os agentes.

2.3.1. Classificação de Resíduos

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 (Lei n° 12.305/ 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 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 semi-sólido; 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 Política Nacional dos Resíduos Sólidos - 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.

2.3.2. Inventários de Resíduos Gerados no Município

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, logística reversa, resíduos agrossilvopastoris, resíduos do saneamento e a destinação final.

Para cada tipo de resíduo gerado no Município de Antônio Carlos 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.

2.3.2.1. 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 Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS. Sendo assim, a tabela abaixo traz a definição e os tipos de serviço de limpeza pública presente nos municípios brasileiros.

Tabela 28 - 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 arbustiva 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 na jardinagem 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 poderes	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 munk.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Para os serviços que caracterizam a limpeza urbana, descritos na tabela acima, no Município de Antônio Carlos a Secretaria de Transportes é a responsável pela execução destes serviços, com mão de obra própria, divididos entre roçada, capina, varrição, limpeza de boca-de-lobo, coletadores e motoristas. Entretanto, não foi possível quantificar tal valor em função da indisponibilidade de informações referentes a limpeza urbana.

Estes serviços são executados através de ferramentas como enxadas, rastelos, pás, roçadeiras costais, motosserras, além, de quatro caminhões basculantes, um caminhão compactador e um trator. No Distrito Sede a varrição ocorre diariamente na área central e nos bairros duas vezes por semana. Nas demais Comunidades, a varrição é diária. O serviço é realizado através de forma manual, utilizando-se vassourão, sacos plásticos para o acondicionamento do

resíduo varrido e o carrinho de lixo do gari. Desta forma, as figuras abaixo mostram locais do município com ruas, passeios e praças bem conservados.

Figura 39 - Locais com boa execução dos serviços de varrição, capina e poda.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Nos serviços relacionados a poda, capina, roçagem e limpeza de boca de lobo os mesmos ocorrem conforme a demanda.

Os resíduos destes serviços são recolhidos pelo caminhão basculante e são encaminhados para a Estação de Transbordo Municipal. Salienta-se, que este procedimento requer autorização ambiental para ser executado e deve-se procurar outras destinações para estes resíduos, como o reaproveitamento dos mesmos em fertilizante natural. Sendo assim, as figuras abaixo mostram a Estação de Transbordo Municipal onde é despejado os resíduos provenientes do serviço de limpeza urbana.

Figura 40 - Local onde é despejado os resíduos dos serviços de poda, capina e roçagem.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 41 - Placa da Prefeitura Municipal com o aviso de proibido descarte de lixo e entulho na Estação de Transbordo Municipal.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.3.2.2. Resíduos Domiciliares

A Secretaria de Transportes também é a responsável pela coleta, transporte e a destinação final dos resíduos sólidos domiciliares – RDO, do Município de Antônio Carlos. Para este serviço a Prefeitura dispõe de um caminhão compactador e um caminhão basculante.

As figuras abaixo mostram o caminhão compactador de coleta de RDO.

Figura 42 - Caminhão compactador para a coleta de RDO.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em relação ao cronograma a Prefeitura dispõe de um roteiro de coleta com frequência variável, sendo diárias, duas a três vezes semanais ou uma vez por semana e o serviço funciona no sistema porta-a-porta, no período diurno e com abrangência em todos os bairros do município. Na área rural do Município a coleta ocorre em pontos específicos com frequência de duas vezes por semana.

Sobre o percentual da população atendida com a coleta de RDO no Município de Antônio Carlos, de acordo com o SNIS referente a 2021 e de acordo também com informações da Prefeitura, este percentual é de 100%, onde 60% é atendida com coleta diária, 30% é atendida com coleta de duas a três vezes na semana e 10% atendida com coleta uma vez por semana.

Na área rural do Município a coleta ocorre em pontos específicos com frequência de duas vezes por semana.

Para a população atendida com a coleta convencional de resíduos, esta, faz o acondicionamento dos mesmos em sacolas plásticas, dispostas diretamente no chão ou em lixeiras suspensas. Desta forma, a figura abaixo

mostra os recipientes para o acondicionamento de resíduos sólidos para a coleta de RDO na área urbana.

Figura 43 - Recipiente para o acondicionamento de resíduos sólidos.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.3.2.3. Coleta Seletiva

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, pois, a reciclagem reduz o consumo de recursos naturais, economiza energia e água e diminui o volume de resíduos sólidos e gera emprego a população.

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 dos demais resíduos considerados não reaproveitáveis e separados na fonte. Considera-se, também como coleta seletiva, o recolhimento dos materiais recicláveis separados pelos catadores dentre os resíduos sólidos domiciliares disponibilizados para coleta.

A coleta de materiais recicláveis consiste no recolhimento dos resíduos que são previamente separados apenas dos resíduos orgânicos e dos rejeitos na fonte geradora e que podem ser reaproveitados, se diferenciando da coleta seletiva, onde os materiais são separados por tipo na fonte geradora dos resíduos. Essas separações buscam evitar a contaminação dos materiais reaproveitáveis e aumentar o valor a eles agregado.

De acordo com o estudo desenvolvido pelo IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, sob a encomenda do Ministério do Meio Ambiente, a reciclagem no Brasil vem movimentando cerca de doze bilhões por ano no país. Porém, ainda se perde cerca de oito bilhões anuais pelo fato de não reciclar os resíduos que são encaminhados para lixões e aterros sanitários. Isto ocorre, segundo o IPEA, devido ao fato que apenas oito por cento dos municípios brasileiros promoverem a reciclagem.

Em contrapartida, o Brasil é liderança mundial em reciclagem de alumínio. De acordo com dados disponibilizados para consulta da ABRELPE, 2019, as latas de alumínio utilizadas para o envasem de bebidas alcança o índice de 260 mil toneladas recicladas, ou seja, um índice de 97,9%.

Sendo assim, no Município de Antônio Carlos a coleta seletiva ainda não é uma realidade, e dever-se implementar um programa municipal de coleta seletiva abrangendo toda a área urbana e rural do município.

Desta forma, atualmente no município o resíduo reciclável possui duas formas de destinação final, ou este resíduo é coletado por catadores informais, e posteriormente comercializado ou o resíduo reciclável é encaminhado para estação de transbordo e transportado para o aterro sanitário localizado no Município de Juiz de Fora – MG.

2.3.2.4. Resíduos da Construção Civil

Os Resíduos de Construção Civil - RCC, também conhecidos como entulhos, são oriundos de resquícios das atividades de obras e infraestrutura tais como: reformas, construções novas, demolições, restaurações, reparos e outros inúmeros conjuntos de fragmentos como restos de pedregulhos, areias, materiais cerâmicos, argamassas, aço, madeira e etc.

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 307/2002, é o instrumento legal determinante no quesito dos resíduos da

construção civil. Esta Resolução define quem são os geradores, quais são os tipos de resíduos e as ações a serem tomadas quanto à geração e a destinação destes. Desta forma, os resíduos, conforme a referida Resolução, são classificados em:

Classe A: são os reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

É fruto desta Resolução CONAMA n° 307/ 2002, a obrigação também dos municípios quanto à elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil, que deverá estabelecer as diretrizes e técnicas para que os grandes geradores preparem o Plano de Gerenciamento de RCC – PGRCC, que deverá ser obrigatoriamente entregue antes do início das obras.

Além disto, no referido Plano é necessário contemplar o Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, com procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local e código de posturas do município.

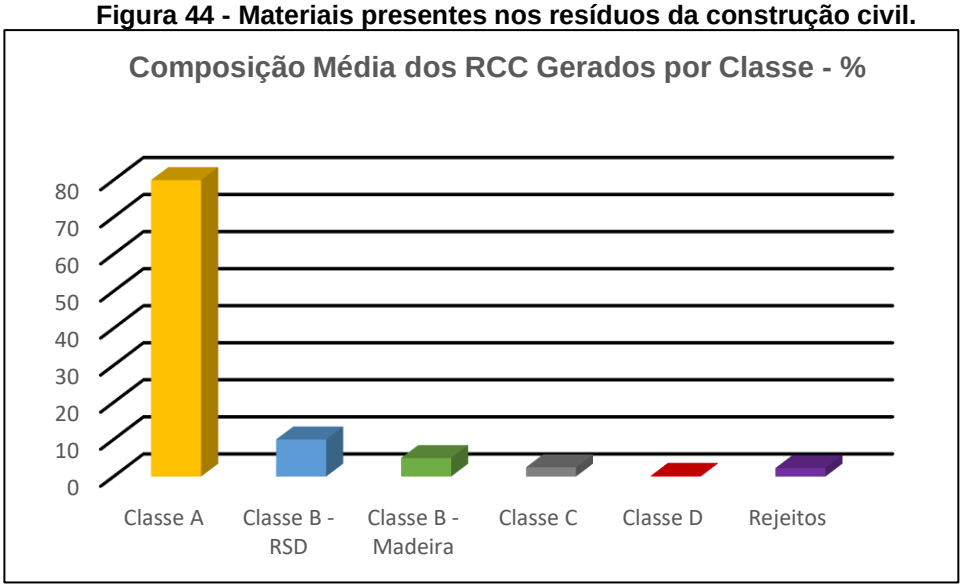
As Normas Brasileiras Regulamentadoras entram neste contexto com a deliberação das ABNT NBR 15112/2004 e 15116/2004, que estabelecem as diretrizes técnicas desde a construção até a implementação e operação de áreas de transbordo e triagem, reciclagem e reutilização de agregados. Sendo assim, a tabela e a figura abaixo mostram a composição média dos resíduos da construção civil.

Tabela 29 - Composição média do resíduo da construção civil.

Tipo	Porcentagem
Classe A	80
Classe B - RSD	10
Classe B - Madeira	5
Classe C	2,5
Classe D	0,2
Rejeitos	2,3

Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 44 - Materiais presentes nos resíduos da construção civil.



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Como mostrado na figura acima pode-se observar que a maior porcentagem da composição dos RCC refere-se aos resíduos de classe A. Estes resíduos são reutilizáveis ou recicláveis como agregados da construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem, componentes

cerâmicos como tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassa e concreto.

Já a menor composição percentual refere-se aos resíduos de classe D classificados como perigosos e oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Os resíduos de construção civil – RCC, se tornam um problema grave dentro dos centros urbanos, pois quando não existem programas específicos, estrutura ou falta de informações para este tipo de resíduo, a população acaba fazendo a disposição inadequada, acarretando em diversas complicações, dentre elas, a contaminação do solo e da água, afetando todo o ecossistema existente no local.

Sendo assim, no Município de Antônio Carlos a responsabilidade de gestão dos resíduos da construção civil - RCC, é da Secretaria de Transportes e o gerador pode acionar a Prefeitura para que seja realizada a coleta e o descarte deste resíduo, sem custos.

Em se tratando ainda sobre a coleta e o local de descarte de RCC no município, o mesmo é destinado em partes para o Município de Barbacena – MG, sendo este limítrofe a Antônio Carlos, ressaltando, que o Parágrafo Primeiro do Artigo 4°, da Resolução CONAMA n° 307/2002, diz que os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de bota-fora, em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. A Secretaria de Transportes não possui o controle da frequência de coleta.

Foi identificado uma área onde ocorre o despejo irregular, a mesma não possui portaria, cercamentos e sinalizações, facilitando desta forma, a entrada de pessoas sem autorização que aproveitam a ocasião para também realizarem o descarte inadequado de RCC. Sendo assim, a figura abaixo demonstra o registro fotográfico da área.

Figura 45 - Local irregular com deposição de RCC.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A ausência de controle ou estimativa errônea da geração dessa tipologia de resíduo, além da inexistência de um Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil – PGIRCC, ausência de legislação municipal com ações de fiscalização e penalidades, contribuem para a continuação do descarte incorreto deste resíduo.

Deve-se, portanto, responsabilizar toda a rede envolvida iniciando-se com a geração, o transporte, o receptor e o próprio município. Além, da implantação dos princípios que envolvem a redução, o reaproveitamento e a reciclagem de RCC.

2.3.2.5. 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.

Segundo o Art. 13 da Política Nacional dos Resíduos Sólidos – 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.

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, passando a competência para os órgãos estaduais estabelecerem as normas de destinação final desses resíduos, portanto, os procedimentos técnicos de licenciamento, como acondicionamento, transporte e disposição final, realizados nos municípios que não optaram pela incineração são feitos por órgãos estaduais.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, através da Resolução RDC n°222/2018, dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Esta resolução atribui aos geradores dos resíduos a obrigatoriedade e responsabilidade de elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde - PGRSS.

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.

Quanto à classificação, segundo as resoluções RDC ANVISA nº. 306/2004 e CONAMA 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.

Os resíduos de serviços de saúde grupos A, B, C e E são caracterizados pela Norma ABNT NBR 10004/2004 como Resíduos de Classe I – Perigosos, tendo em vista suas características de patogenicidade, toxicidade, reatividade, corrosividade e inflamabilidade.

Ainda de acordo com a RDC ANVISA nº. 222/2018 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.

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.

Sendo assim, a gestão dos resíduos de serviços de saúde - RSS, do Município de Antônio Carlos é de responsabilidade da Secretaria de Saúde. A fiscalização e o licenciamento dos estabelecimentos prestadores de serviços de saúde de baixa, média e alta complexidade é feita pela Vigilância Sanitária.

Segundo informações da Secretaria Municipal de Saúde os locais públicos e particulares com geração de RSS em Antônio Carlos são:

- UBS Walter Fernandes PSF Central;
- Pequeno Hospital Santa Maria de Antônio Carlos;
- UBS Dona Divina Amaral Dias PSF Rural;
- UBS Maria De Lourdes Jardim De Oliveira ESF São João Batista;
- UBS Maria Geni Campos Zanette ESF São Sebastião de Campolide;
- Farmácia de Minas de Antônio Carlos;
- Centro Hípico De Barbacena Farias Brasil;

Segundo informações dos técnicos da Prefeitura, o Pequeno Hospital Santa Maria de Antônio Carlos possui o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde - PGRSS. Entretanto, sobre as unidades particulares de saúde não há informações sobre a elaboração de seus PGRSS. Ressalta-se, que é de responsabilidade da Vigilância Sanitária Municipal a fiscalização destes estabelecimentos particulares de saúde, quanto a elaboração de seus PGRSS.

Abaixo segue o registro fotográficos do acondicionamento dos resíduos de saúde no Pequeno Hospital Santa Maria de Antônio Carlos.

Figura 46 - Local de armazenamento dos resíduos de saúde.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Após a coleta, o transporte e a destinação final são de responsabilidade da empresa SERQUIP. Salienta-se, que a Prefeitura não cobre as despesas com

o RSS gerados nas unidades particulares de saúde do município, apenas as unidades públicas.

Vale lembrar, que cada gerador, principalmente os privados, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, lei n°12.305/2010, são os responsáveis pela destinação correta de seus RSS gerados. Todas as atividades licenciadas pela Vigilância Sanitária Municipal necessitam ter um PGRSS como condicionante para a obtenção da licença, porém, muitos confundem o documento com o contrato de prestação de serviços da empresa coletora.

Desta forma, de acordo com o SNIS referente ao ano de 2021, o custo total do Município de Antônio Carlos com a destinação final adequada de RSS no ano de 2021 foi de R$11.233,51, e a quantidade gerada de acordo também com o SNIS e dos técnicos da Prefeitura no mesmo ano foi de aproximadamente 180 Kg ao mês. Sendo assim, abaixo segue a tabela com a massa de RSS coletada em relação a população total, e a taxa de RSS coletada em relação a quantidade total.

Tabela 30 - Massa e taxa de RSS coletada em relação à população urbana e a quantidade total coletada.

Item	Indicador	Quantidade	Unidade
IN036	Massa de RSS coletada per capita em relação à população urbana	0,81	Kg/1000 hab.dia
IN037	Taxa de RSS coletada em relação à quantidade total coletada	0,13	%

Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.3.2.6. Resíduos Industriais

O Artigo 20 da lei n°12.305/2010, determina que os estabelecimentos que estão sujeitos à elaboração do PGRS são aqueles que em alguma etapa de seu processo produtivo gerem resíduos perigosos ou um grande volume de resíduos de composições diferentes dos domiciliares, englobando as empresas de construção civil, os responsáveis por atividades agrossilvopastoris e os responsáveis por atividades mineradoras.

Desta forma, o Município de Antônio Carlos possui como atividade principal a agropecuária, não tendo uma representatividade expressiva no ramo da indústria, embora haja no município uma indústria de laticínios. Como exposto

em tópico anterior, a mesma possui ETE própria para tratamento de seus efluentes.

2.3.2.7. Resíduos de Atividades 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. Estes resíduos são classificados ainda como orgânicos e inorgânicos, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR que é um dos Instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A atividade agropecuária gera uma grande quantidade de resíduos orgânicos, estes resíduos das atividades de cultivo e colheita não podem ser qualificados, mas, sabe-se que estes restos vegetais permanecem no local da colheita, uma forma de oferecer matéria orgânica para o solo, felizmente, é costume agropecuário a reutilização ou reciclagem quase total do resíduo, não causando danos consideráveis ao ambiente ou a saúde humana.

Na atividade agrícola a produção de resíduos está mais associada ao acúmulo de embalagens de fertilizantes, produtos veterinários, agrotóxicos e maquinários de implementação. Vale ressaltar que para este tipo de resíduos, as embalagens, cabe a implantação e/ou utilização da logística reversa, onde os próprios distribuidores e fornecedores realizam o serviço de coleta e retorno das mesmas.

A Lei Federal n° 9.974/2000, conhecida como Lei do Agrotóxico, disciplina a destinação final de embalagens vazias de agrotóxicos determinando responsabilidades para o agricultor, para o revendedor e para o fabricante. Sendo assim, no Município de Antônio Carlos não há um controle sobre os resíduos agrossilvopastoris gerados.

Os resíduos gerados nas Comunidades rurais frequentemente são queimados ou aterrados pelos próprios moradores, ou devolvidos na casa agropecuária, em função da falta de PEV – Ponto de Entrega Voluntária de embalagens de agrotóxico no município.

2.3.2.8. Resíduos com Logística Reversa Obrigatória

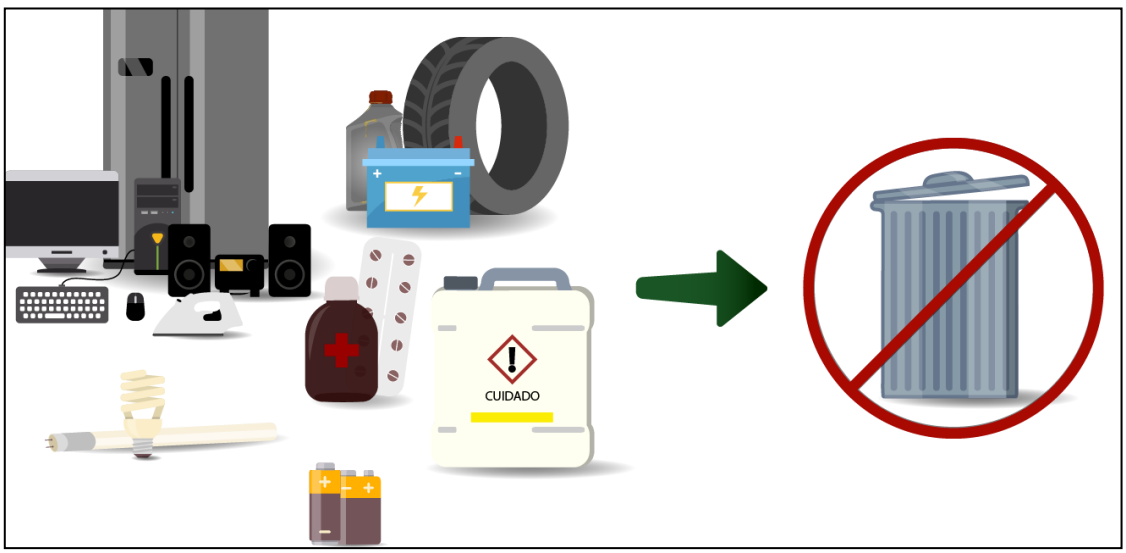
De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, a Logística Reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

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.

Desta forma, classificam-se como resíduos com logística reversa obrigatória todos os resíduos que demandam tratamento especial, como, as pilhas e baterias, os equipamentos eletrônicos, as lâmpadas fluorescentes, os pneus, os óleos lubrificantes e as suas embalagens e as embalagens de agrotóxicos. A figura abaixo ilustra melhor os resíduos com logística reversa obrigatória.

Figura 47 - Resíduos com logística reversa obrigatória.

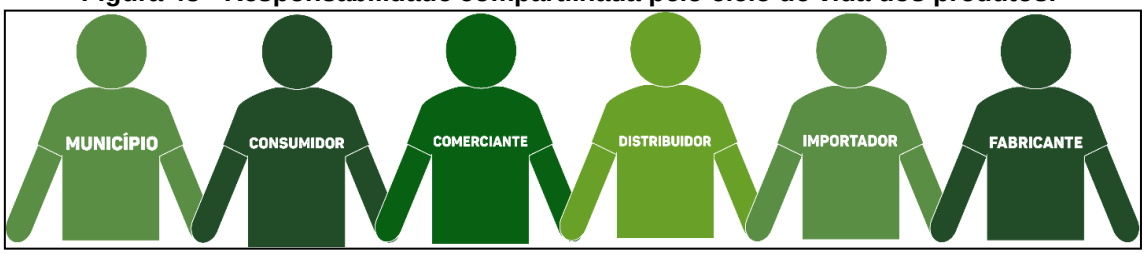


Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Sendo assim, o Artigo 33 da Lei Federal nº 12.305/2010 – Política Nacional dos Resíduos Sólidos, determina que após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, compete aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, estruturar e implementar a logística reversa. Porém, o Poder Público ainda não estabeleceu práticas que contribuem para a realização da logística reversa por parte dos responsáveis.

A Lei nº 12.305/2010, representa um marco para a sociedade brasileira em relação à sustentabilidade, pois apresenta uma visão avançada na forma como nos relacionamos com os resíduos sólidos que geramos. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS, além de introduzir a Logística Reversa, também preconiza o princípio da Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida dos Produtos.

Figura 48 - Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.



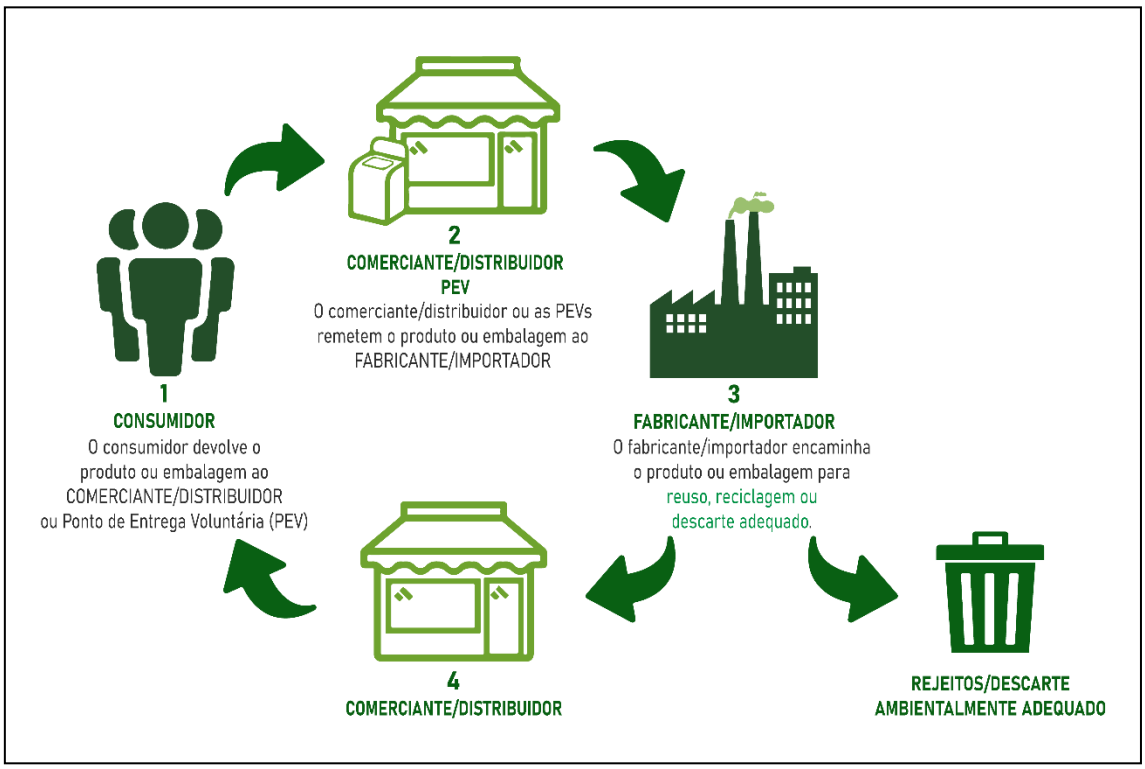
Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O cidadão, no papel de consumidor, é responsável por entregar os resíduos nas condições solicitadas e nos locais estabelecidos pelos sistemas de logística reversa. O setor privado, por sua vez, fica responsável pelo gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos, pela sua reincorporação na cadeia produtiva, pelas inovações nos produtos que tragam benefícios socioambientais, pelo uso racional dos materiais e prevenção da poluição.

Por fim, cabe ao Poder Público a fiscalização do processo e, de forma compartilhada com os demais responsáveis pelo sistema, conscientizar e educar o cidadão. Consumidores, importadores, fabricantes, distribuidores e comerciantes agindo juntos e coordenados para que esses resíduos sejam reaproveitados, reciclados e tenham uma destinação ambientalmente adequada.

A figura abaixo mostra de forma resumida como ocorre o sistema da logística reversa.

Figura 49 - Fluxo simplificado de resíduos nos sistemas de logística reversa.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os resíduos que possuem a logística reversa obrigatória podem ser considerados resíduos de grande dificuldade para a sua gestão, pois são resíduos considerados perigosos em sua grande maioria e de grande geração por parte da população. São resíduos que também possuem um alto custo para a sua reutilização ou reciclagem. Desta forma, é comum a população, de maneira geral, descartar estes resíduos juntos aos resíduos sólidos domiciliares ou, descartá-los de forma inadequada no ambiente.

No caso das embalagens de agrotóxicos, é essencial a participação efetiva do fabricante, revendedor e agricultor, para os processos relacionados à comercialização, utilização, lavagem, armazenamento e destinação final, com vistas à segurança da saúde humana e proteção do meio ambiente.

Sendo assim, no Município de Antônio Carlos há programas de logística reversa para alguns resíduos desta categoria, como, pilhas e baterias e

embalagens de agrotóxicos, que serão melhor explanados nos capítulos específicos para cada tipologia de resíduos.

Resíduos Eletrônicos

Ao longo do tempo, os resíduos sólidos urbanos vêm mudando suas características devido às inovações tecnológicas, como por exemplo equipamentos elétricos e eletrônicos, que frequentemente são atualizados no mercado. Esses bens de consumo fazem parte, cada vez mais, da rotina do ser humano.

Entretanto, a diminuição da vida útil desses equipamentos faz com que se tornem rapidamente obsoletos. Computadores, televisores e seus periféricos são comumente encontrados nos resíduos coletados.

Segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, equipamentos eletroeletrônicos de uso doméstico são todos aqueles produtos cujo funcionamento depende do uso de correntes elétricas com tensão nominal não superior a 240 volts. Ao final de sua vida útil, tornam-se um resíduo que deve ser gerenciado de forma ambientalmente adequada.

Sendo assim, é muito importante que se estabeleçam mecanismos para que o consumidor possa efetuar a devolução destes produtos para que o setor empresarial se encarregue de sua destinação final ambientalmente adequada. A figura a seguir ilustra resumidamente o ciclo de logística reversa dos eletroeletrônicos e seus componentes.

Figura 50 - Ciclo da logística reversa dos eletroeletrônicos e seus componentes.

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Segundo levantamento realizado em 2009 pelo Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research – EMPA, em parceria com a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, estima-se que, no Brasil, o valor de produtos eletrônicos provenientes de telefones celulares e fixos, televisores, computadores, rádios, máquinas de lavar roupa, geladeiras e freezer é de 679 mil t/ano de resíduos.

O mesmo levantamento aponta a geração per capita anual, para o período compreendido entre 2001 e 2030, de 3,4 kg/habitante para o Brasil, se considerados todos os equipamentos eletroeletrônicos anteriormente listados.

Segundo dados da Associação Brasileira de Reciclagem de eletroeletrônicos e Eletrodomésticos – Abree, e da Gestora para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos Nacional – Green Eletron, em 2019, 384,5 toneladas de eletroeletrônicos foram recolhidos e 258 novos pontos de coleta foram instalados. Sendo assim, em Antônio Carlos não há o controle por parte da administração pública sobre a gestão destes resíduos, porém, a Prefeitura promove duas vezes ao ano uma campanha junto a empresa parceira voltada para a conscientização da população para o recolhimento e posterior destinação correta.

Pilhas e Baterias

Segundo o SINIR, as pilhas e baterias são equipamentos eletroquímicos que funcionam como miniusinas portáteis e possuem a habilidade de converter a energia química em energia elétrica. As pilhas e baterias podem ser classificadas de diversas formas, dependendo do formato, composição e sua finalidade.

Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de pilhas e baterias devem disponibilizar aos consumidores locais para o recebimento das pilhas e baterias inservíveis. Os consumidores que desejam descartar suas pilhas devem levá-las até o ponto de entrega mais próximo.

Os Pontos de Entrega armazenam as pilhas recebidas e, ao atingir determinada quantidade, encaminham o material para o sistema de coleta e triagem. Pontos de entrega primários são pequenos estabelecimentos comerciais, que poderão disponibilizar coletores portáteis para receber (gratuitamente) pilhas e baterias descartadas do consumidor doméstico.

São estabelecimentos comerciais como: padarias, bancas de jornal, farmácias de bairro, loja de construção de bairro, papelarias entre outros. Pontos de entrega secundários são estabelecimentos comerciais (de médio e grande porte), que poderão disponibilizar coletores para receber (gratuitamente) pilhas e baterias descartadas do consumidor doméstico e também de pequenos estabelecimentos cadastrados como pontos de entrega primário.

Tais pontos podem estar localizados em grandes mercados, redes de materiais de construção e outros. Dos pontos de entrega e de triagem e consolidação o material é transportado para empresas de reciclagem. A figura a seguir ilustra resumidamente o ciclo da logística reversa das pilhas e baterias.

Figura 51 - Ciclo da logística reversa de pilhas e baterias.

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Segundo Gestora para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos Nacional – Green Eletron, até setembro de 2020, 1.755,79 toneladas de pilhas foram coletadas e existem 4.453 pontos de coleta no Brasil.

No Município de Antônio Carlos, assim como os resíduos eletrônicos, são realizadas duas vezes ao ano juntamente com empresa parceira, campanhas de conscientização da população. Esse ato visa aumentar o índice de coleta dos produtos de logística reversa e reduzir o acúmulo desta tipologia de resíduos no meio ambiente e áreas impróprias.

Lâmpadas Fluorescentes, de Vapor de Sódio, Mercúrio e Luz Mista

A produção brasileira de lâmpadas é ínfima comparada à atual importação, a grande quantidade de lâmpadas no mercado brasileiro é oriunda de importações principalmente da China. Não existem pesquisas conclusivas sobre a quantidade de lâmpadas comercializadas, portanto, os dados podem apresentar diferenças a partir de cada fonte.

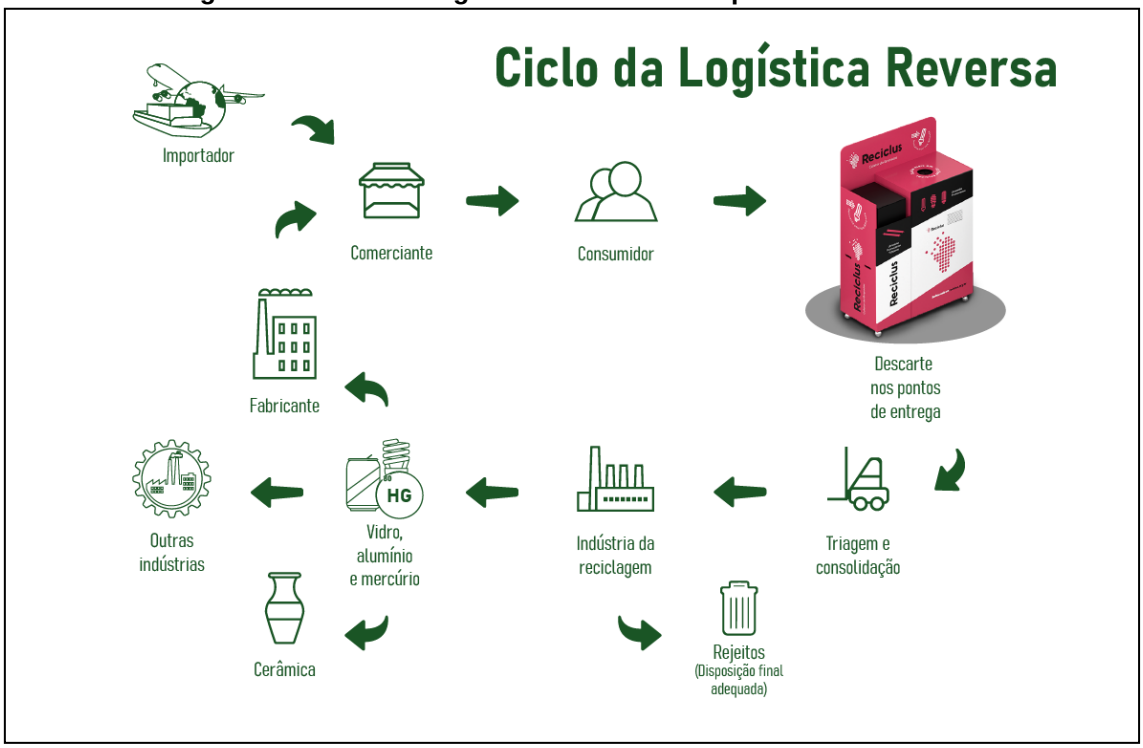
A Avant e outras fontes trabalham com os seguintes números em comum: Compactas fluorescentes 190 milhões/ano; fluorescentes tubulares 95 milhões/ano e fluorescentes compactas sem reator integrado 18 milhões/ano. Todas essas lâmpadas devem ser recicladas, pois são chamadas lâmpadas mercuriais, isso é, contém pequena dosagem de mercúrio para permitir o seu acendimento.

Devido à necessidade da descontaminação das lâmpadas fluorescentes, no Brasil existem 08 principais empresas responsáveis pelo serviço, sendo elas: Apliquim Brasil Recicle, Naturalis Brasil, Tramppo, Hg Descontaminação, Recitec, Sílex, Mega Reciclagem e RL Higiene.

As lâmpadas inservíveis devem ser colocadas, preferencialmente, na posição vertical. Caso não seja possível reutilizar as embalagens originais, deverá ser utilizado papelão, papel ou jornal e fitas adesivas para embalar as lâmpadas e protegê-las contra choques mecânicos. Após estarem embaladas individualmente, as lâmpadas devem ser acondicionadas em recipiente portátil ou caixa resistente apropriada para o transporte, de forma a evitar a quebra das mesmas.

Depois de embaladas, devem ser identificadas e encaminhadas para empresas de reciclagem licenciadas pelos órgãos ambientais competentes. As lâmpadas que se quebram acidentalmente devem ser separadas das demais e acondicionadas em recipientes herméticos, como os tambores de aço. Estes devem apresentar tampas em boas condições para que a vedação seja adequada. A figura a seguir ilustra resumidamente o ciclo da logística reversa das lâmpadas.

Figura 52 - Ciclo da logística reversa de lâmpadas inservíveis.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Segundo a Associação Brasileira para a Gestão da Logística Reversa de Produtos de Iluminação – Reciclus, até o ano de 2019, 644 toneladas de lâmpadas foram recolhidas e 1.930 pontos de coleta foram instalados em 429 municípios brasileiros. No Município de Antônio Carlos são realizadas campanhas para conscientização da população, duas vezes ao ano, como citado em tópicos anteriores.

Pneus Inservíveis

Desde 1999, antes mesmo da aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, os pneus já deveriam ser submetidos à logística reversa. Isso se deve pelo fato de os pneumáticos inservíveis abandonados ou dispostos inadequadamente constituírem um passivo ambiental que resulta em sérios riscos ao meio ambiente. São inúmeros os problemas ambientais ocasionados pela disposição irregular dos pneumáticos.

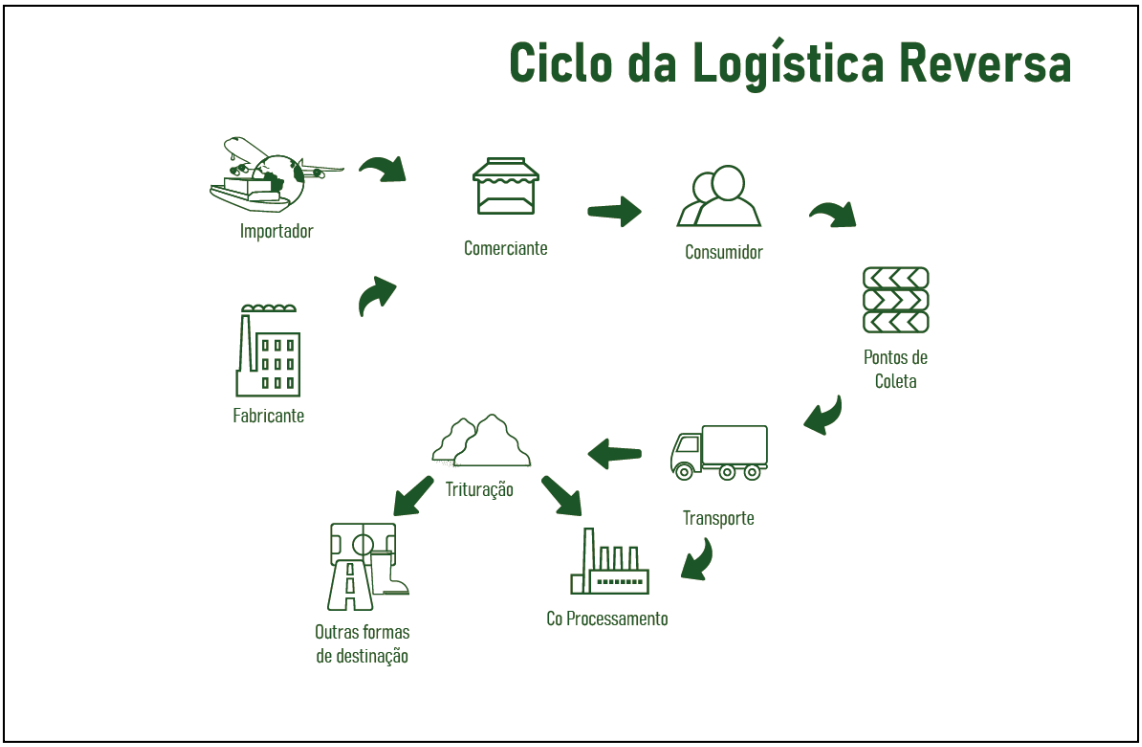
Ao serem dispostos em ambiente aberto, por exemplo, sujeito a chuvas, podem acumular água servindo de criadouro para mosquitos transmissores de doenças como a dengue. O SINIR informa que para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu inservível.

- Cabe aos Fabricantes e importadores: Realizar a coleta, dar destinação adequada aos pneus inservíveis existentes no território nacional, na proporção definida.
- Cabe aos Distribuidores, Revendedores, Destinadores, Consumidores e Poder Público: atuar em articulação com os fabricantes e importadores para implementar os procedimentos para a coleta dos pneus inservíveis existentes no país.

Os fabricantes e os importadores de pneus novos, devem implementar pontos de coletas de pneus usados, podendo envolver os pontos de comercialização de pneus, os municípios, borracheiros e outros. O sistema de logística reversa funciona por meio de parcerias, em geral com prefeituras, que podem disponibilizar áreas de armazenamento temporário para os pneus inservíveis.

Os pneus dispostos inadequadamente constituem passivo ambiental que pode resultar em sério risco ao meio ambiente e à saúde pública. O ideal é que este resíduo seja destinado o mais próximo possível de seu local de geração, de forma ambientalmente adequada e segura. A figura abaixo ilustra resumidamente como ocorre a logística reversa de pneus inservíveis.

Figura 53 - Ciclo da logística reversa de pneus inservíveis.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os fabricantes e importadores de pneus novos deverão declarar ao IBAMA, numa periodicidade máxima de um ano, por meio do CTF, a destinação adequada dos pneus inservíveis.

Segundo a Associação Brasileira de Importadores e Distribuidores de Pneus - ABIDIP, houve a destinação de 419 mil toneladas de pneus em 2019 e, no mesmo ano, existiam 1.149 pontos de coleta em todo o Brasil.

O Município de Antônio Carlos não possui pontos de coleta voltados para os pneus inservíveis. Tal fato se torna um agravante na questão da disposição incorreta por parte da população, sendo este capaz de aumentar os danos ao meio ambiente em função da falta de um ponto de coleta e armazenamento.

Embalagens de Agrotóxicos

Os agrotóxicos são insumos agrícolas, produtos químicos usados na lavoura, na pecuária e até mesmo no ambiente doméstico como: inseticidas, fungicidas, acaricidas, nematicidas, herbicidas, bactericidas e vermífugos. As embalagens de agrotóxicos são resíduos oriundos dessas atividades e possuem

tóxicos que representam grandes riscos para a saúde humana e de contaminação do meio ambiente. Grande parte das embalagens possui destino final inadequado.

A Lei Federal n° 9.974/2000, conhecida como Lei do Agrotóxico, disciplina a destinação final de embalagens vazias de agrotóxicos determinando responsabilidades para o agricultor, para o revendedor e para o fabricante.

De acordo com o Decreto nº 4.074/2002, que regulamenta a Lei dos Agrotóxicos, a gestão de todo o processo de logística reversa desses resíduos é feita pelos produtores e comerciantes, os quais devem manter o controle das quantidades, dos tipos e das datas de vendas de produtos, além das embalagens devolvidas pelos usuários, devendo tais controles estar disponíveis para a fiscalização.

O fluxo logístico da operação inicia-se no ato da venda do produto, em que o usuário (agricultor) deve ser informado sobre os procedimentos de lavagem, acondicionamento, armazenamento, transporte e devolução de embalagens vazias. Assim, cabe ao Poder Público Municipal fiscalizar quanto ao cumprimento dessas ações.

Os usuários de agrotóxicos e afins deverão efetuar a devolução das embalagens vazias, e respectivas tampas, aos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridos, no prazo de até um ano, contado da data de sua compra.

Após o uso, antes da devolução, cabe ao agricultor realizar a lavagem das embalagens no campo, armazenando-as temporariamente para entrega posterior na unidade de recebimento indicada. A norma técnica ABNT NBR n° 13968 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, define a chamada "tríplice lavagem" e a lavagem sob pressão, técnica que permite que os resíduos contidos nas embalagens possam ser diluídos em diferentes concentrações e reutilizados na lavoura.

Os estabelecimentos comerciais deverão dispor de instalações adequadas para recebimento e armazenamento das embalagens vazias devolvidas pelos usuários, até que sejam recolhidas pelas respectivas empresas titulares do registro, produtoras e comercializadoras, responsáveis pela destinação final dessas embalagens.

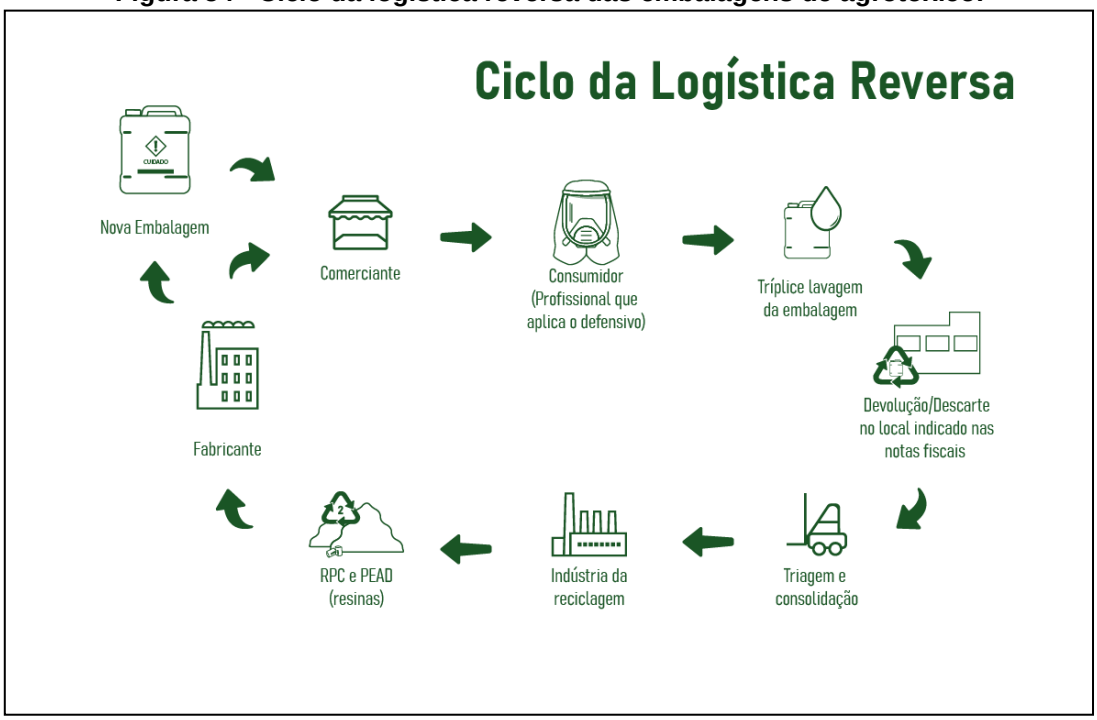
Os estabelecimentos comerciais, postos de recebimento e centros de recolhimento de embalagens vazias fornecerão comprovante de recebimento

das embalagens. Os estabelecimentos destinados ao desenvolvimento de atividades que envolvem embalagens vazias de agrotóxicos, componentes ou afins, bem como produtos em desuso ou impróprios para utilização, deverão obter licenciamento ambiental.

As empresas titulares de registro, produtoras e comercializadoras de agrotóxicos, seus componentes e afins, são responsáveis pelo recolhimento, pelo transporte e pela destinação final das embalagens vazias, devolvidas pelos usuários aos estabelecimentos comerciais ou aos postos de recebimento, bem como dos produtos por elas fabricados e comercializados.

Quando o produto não for fabricado no país, a pessoa física ou jurídica responsável pela importação assumirá, com vistas à reutilização, reciclagem ou inutilização, a responsabilidade pela destinação. A figura a seguir ilustra resumidamente o ciclo da logística reversa das embalagens de agrotóxicos.

Figura 54 - Ciclo da logística reversa das embalagens de agrotóxico.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Segundo o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias – inpEV, 550 mil toneladas de embalagens vazias foram destinadas desde 2002, 45.563 apenas em 2019. Sendo assim, 94% das embalagens plásticas primárias comercializadas no Brasil têm destinação ambientalmente adequada.

Em 2019 existiam 411 unidades de recebimento no país (304 postos e 107 centrais) e, foram realizadas 4,5 mil ações de recebimento itinerantes em 2019, evitando a emissão de 752 mil toneladas de CO^2.

Desta forma, No Município de Antônio Carlos a logística reversa é realizada pelas casas agropecuárias que comercializam estes produtos. Não foram obtidas informações relacionadas com a estimativa de quantidade.

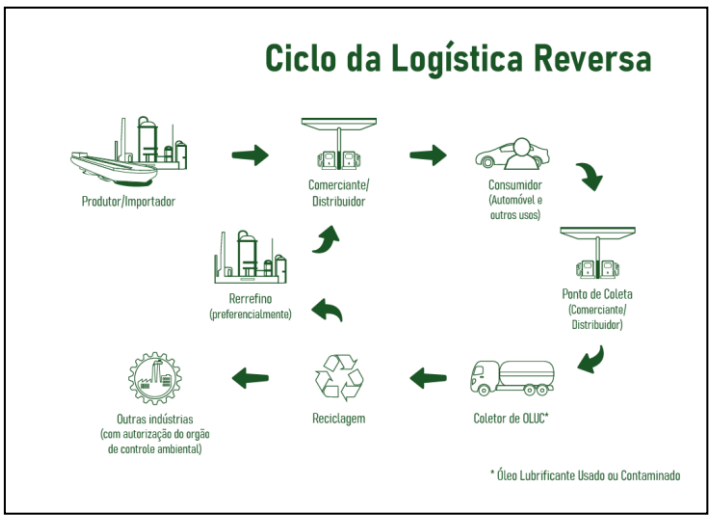
Resíduos de Óleos Lubrificantes

Os óleos lubrificantes usados ou contaminados possuem em seus compostos metais pesados nos quais são muito prejudiciais à saúde e ao ambiente, devido aos riscos e a falta de informação o governo tem criado legislações para regulamentar o transporte, armazenamento e principalmente a destinação correta do óleo lubrificante usado ou contaminado.

A troca de óleo lubrificante dos automóveis geralmente é realizada em concessionárias, postos de gasolina e oficinas. Para que um estabelecimento possa realizar a troca de óleo lubrificante, é necessário estar adequado às leis que regulamentam tanto o manuseio quanto a armazenagem deste produto. Salientando ainda que é indispensável, conforme Resolução nº 362/2005, do CONAMA, o armazenamento de óleos lubrificantes usados e contaminados de forma segura, em local de fácil coleta evitando vazamentos ou que se misturem com outros produtos.

A coleta e a destinação dos óleos usados e contaminados, de acordo com a Resolução nº20/2009 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Naturais e Combustíveis (ANP), deve ser realizada apenas por empresas credenciadas junto ao órgão responsável, nas quais devem cumprir com diversas obrigações, como emissão do certificado de coleta, notas fiscais, armazenagem e destinação correta, entre outras. A figura abaixo ilustra como ocorre o ciclo da logística reversa dos óleos lubrificantes.

Figura 55 - Ciclo da logística reversa de óleos lubrificantes.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Segundo dados da ABRELPE, 2019, o instituto Jogue Limpo, criado pelo Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes (Sindicom), é a entidade responsável pelo cumprimento do primeiro Acordo Setorial assinado com o ministério do Meio Ambiente, ao final do ano de 2012. Atualmente, o programa está presente em quinze estados e no Distrito Federal, cobrindo 4.153 municípios com 41.755 geradores cadastrados e 25.780 geradores ativos.

No ano de 2017, o programa recebeu 4.742 toneladas de embalagens plásticas, e enviou 4.551 toneladas para reciclagem. O número de óleos lubrificantes pós-uso coletadas entre 2010 a 2017 registrou uma queda de 1,1% na quantidade de unidades processadas de 2016 para 2017.

Em Antônio Carlos não há controle sobre o reaproveitamento e a destinação final dos óleos lubrificantes usados ou contaminados.

2.3.3. Destinação Final e Medidas Mitigatórias

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2008), 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.

Figura 56 - Exemplo de lixão.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

- 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;

Figura 57 - Exemplo de aterro controlado.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

- 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.

Figura 58 - Exemplo de aterro sanitário.

Fonte: Foto de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 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 assim o Art. 225. 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.

No mundo, vários episódios de contaminação de solos e águas subterrâneas são atribuídos aos depósitos de lixo, até mesmo aqueles onde foram implantadas medidas de controle, como drenos, impermeabilizações, etc.

Assim, o correto gerenciamento desses resíduos, incluindo uma cadeia de ações visando à redução da geração, à coleta seletiva, ao transporte seguro, ao reaproveitamento de materiais recicláveis ou com potencial energético, até a disposição final em sistemas projetados e operados sob critérios técnicos adequados, deve ser tema cada vez mais presente na tomada de decisão dos gestores públicos municipais.

Sendo assim, no Município de Antônio Carlos utilizou-se uma área classificada como lixão, sendo o mesmo desativado no ano de 2014. Posteriormente, criou-se a Estação de Transbordo Municipal para o armazenamento temporário dos resíduos. Abaixo segue o mapa de localização da Estação de Transbordo Municipal, bem como registro aéreo do mesmo.

Figura 59 - Mapa de Localização da Estação de Transbordo Municipal.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 60 - Registro de imagem aérea da Estação de Transbordo Municipal de Antônio Carlos.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A Prefeitura possui contrato com a empresa privada Vital Engenharia Ambiental S/A, responsável pelo transporte, triagem e disposição final dos resíduos no aterro sanitário situado no Município de Juiz de Fora, distante aproximadamente 114 km de Antônio Carlos.

2.3.4. Análise Financeira

A tabela abaixo mostra os custos e os valores arrecadados os serviços de manejo dos resíduos sólidos e limpeza pública do Município de Antônio Carlos, de acordo com informações do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS referente ao ano de 2021.

Tabela 31 - Análise financeira da gestão dos resíduos sólidos de Antônio Carlos.

Análise Financeira da Gestão dos Resíduos - Exercício de 2021	
Despesa total com serviços de manejo de RSU	R$ 283.451,68
Receita arrecadada com taxas e tarifas referentes à gestão e manejo de RSU	R$0,00
Déficit	**R$ -283.451,68**

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Através do balanço financeiro do setor, observou-se que não há arrecadação com os serviços prestados para cobrir os custos operacionais. Dessa forma a Prefeitura Municipal deve buscar as diretrizes do PMSB para atender as determinações da Política Nacional de Saneamento Básico, no que tange a obrigatoriedade de tornar sustentável economicamente os serviços de saneamento.

Esses valores podem ser obtidos por meio de reajuste na taxa cobrada pelos serviços, da melhor fiscalização e cobrança sobre os grandes geradores, adequação dos serviços prestados buscando a melhor eficiência, e entre outros.

2.3.5. Análise Crítica do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos

A seguir, serão descritos os principais problemas relacionados ao Sistema de Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos de Antônio Carlos, os quais embasarão as soluções propostas no Prognóstico.

- Ausência de coleta seletiva;
- Destinação inadequada dos resíduos verdes;
- Irregularidades associadas com a destinação dos resíduos de construção civil e ausência de PGRCC;
- Falta de fiscalização quanto a disposição de RDO E RCC em pontos irregulares;
- Ausência de PGRSS das unidades de saúde pública e necessidade de fiscalização das unidades particulares;
- Número de PEVs insuficiente na área rural para coleta de RDO;
- Necessidade de melhorias e implementação de políticas municipais voltadas para a gestão dos resíduos de logística reversa;

2.4. Sistema De Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais

2.4.1. Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

O estudo da drenagem possui foco principal na predição dos resultados de picos de vazões, que elevam diretamente com a intensa ocupação urbana nas bacias hidrográficas e consequente aumento da impermeabilização da superfície.

Deste modo, o crescimento urbano das cidades brasileiras provoca impactos na população e ambiente, aumentando a frequência e gravidade das inundações, prejudicando a qualidade da água e gerando um aumento da presença de materiais sólidos no escoamento pluvial. Assim, existem fatores a serem atribuídos, como, a falta de planejamento, uso impróprio do solo, ocupação de áreas de risco e sistemas de drenagem ineficientes.

O município não conta com a rede de cadastro de drenagem. O Cadastro Técnico das Redes de Drenagem forma um sistema de informações definido por dois aspectos básicos, sendo o primeiro a criação de um banco de dados com um histórico de informações de muitos anos, visando a organização, cadastramento e aprimoramento das redes instaladas, enquanto o segundo aspecto visa o destaque e a disponibilização dessas informações para setores e equipes de trabalho.

O sistema tradicional de drenagem é geralmente dividido em dois componentes, sendo a microdrenagem e a macrodrenagem. Ambos os sistemas devem ser planejados e projetados sob critérios diferenciados.

O sistema de microdrenagem, composto por pavimentos das ruas, guias, sarjetas, bocas de lobo, rede de galerias de águas pluviais e de canais de pequenas proporções, deve ser dimensionado para o escoamento de vazões de dois a dez anos de período de retorno.

Já o sistema de macrodrenagem, composto por canalização de corpos hídricos, limpeza e desassoreamento de córregos, diques de contenção e readaptação de obras de galeria e de travessias, deve ser dimensionado para inundações de cinquenta a cem anos de período de retorno.

O Município de Antônio Carlos, apresenta sistemas de microdrenagem em toda a área urbana. Abaixo segue registros fotográficos de alguns dispositivos do sistema de drenagem.

Figura 61 - Dispositivos de microdrenagem no Município de Antônio Carlos.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Contudo, observa-se ainda a necessidade de implantação de dispositivos visando o amortecimento das águas pluviais com uma rede de drenagem mais completa.

Outro fator expressivo que é observado como agravante do sistema de drenagem urbana é a concepção equivocada de projetos, os quais, em sua maioria, não preveem a expansão da área urbana e o aumento da impermeabilidade do solo do município, bem como investir em ações estruturais ao invés de estruturantes. Com relação à drenagem urbana, pode-se dizer que existem duas condutas que tendem a agravar ainda mais a situação:

- Os projetos de drenagem urbana têm como filosofia escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante. Este critério aumenta em várias ordens de magnitude a vazão máxima, a frequência e o nível de inundação de jusante;

- As áreas ribeirinhas, que o rio utiliza durante os períodos chuvosos como zona de passagem da inundação, têm sido ocupadas pela população com construções, reduzindo a capacidade de

escoamento. A ocupação destas áreas de risco resulta em prejuízos evidentes quando o rio inunda seu leito maior.

Além destes dois sistemas tradicionais, cada vez mais, difunde-se o uso de medidas sustentáveis, que buscam o controle do escoamento na fonte através da infiltração ou detenção no próprio lote ou loteamento das águas pluviais, de modo a manter as condições naturais pré-existentes de vazão para um risco definido.

Neste plano, a componente drenagem e manejo de águas pluviais, em sua fase de diagnóstico, pretende analisar os sistemas de microdrenagem, macrodrenagem e de drenagem natural, apontar problemas existentes e potenciais e além disto, elaborar cartas temáticas com base nos dados secundários e cartografia disponível da região, destacando temas de hidrografia, uso e ocupação dos solos, cobertura vegetal, estações pluviométricas e fluviométricas, características dos solos e topografia.

Ressalta-se, que este capítulo do PMSB, difere-se de um Plano de Macrodrenagem, sendo este, responsável por propor diretrizes técnicas para solucionar problemas de inundação, assoreamento e erosão. Enquanto que, aqui serão apresentados um panorama do ciclo hidrológico das principais bacias em que o Município de Antônio Carlos está inserido e cálculos de intensidade de chuvas.

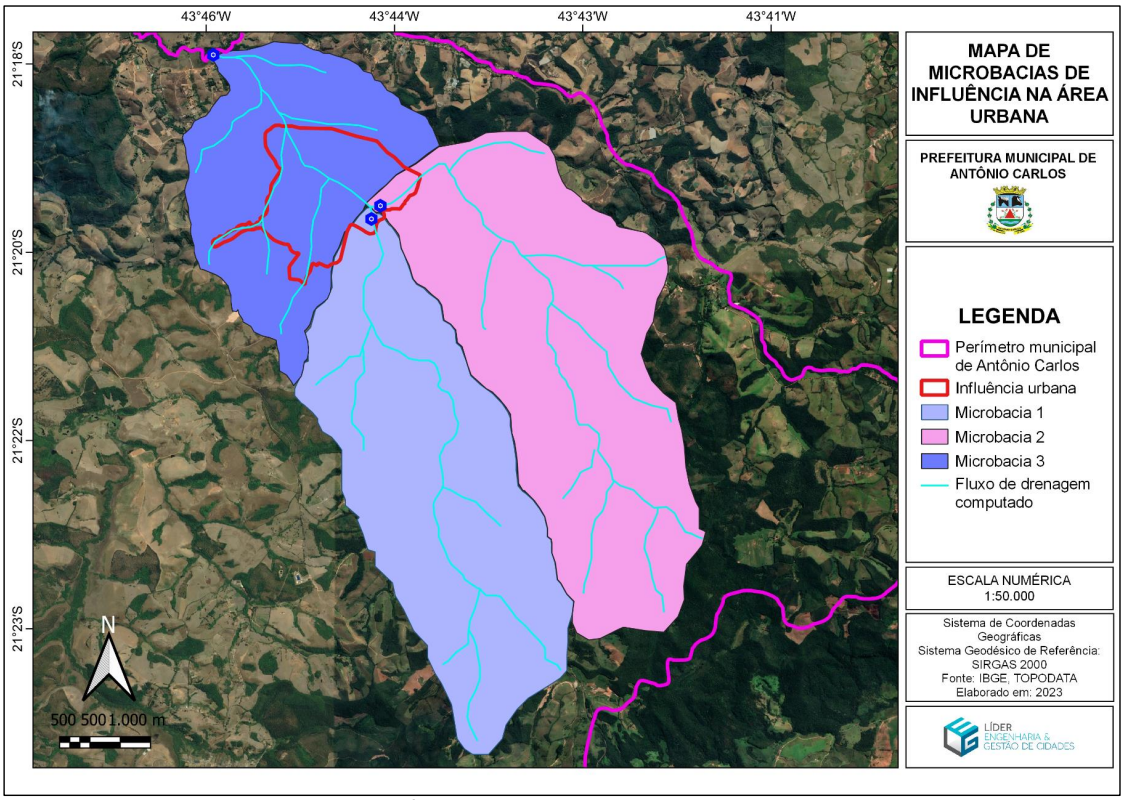
2.4.2. Caracterização das Microbacias Urbanas

Com o intuito de realizar o estudo de drenagem das águas pluviais da sede urbana de Antônio Carlos, 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.* 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 Antônio Carlos.

Figura 62 - Mapa das microbacias de influência na área urbana do Município de Antônio Carlos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Foram identificadas três microbacias que possuem influência direta na área urbana do Município de Antônio Carlos.

A microbacia 1 apresenta área correspondente a 21,52 km² e perímetro de 22,77 km. No caso específico desta microbacia, a mesma é uma área de contribuição, que por definição são áreas onde a precipitação que nela ocorre direciona-se para o mesmo ponto.

A microbacia 2 possui área equivale a 25,41 km² e perímetro de 24,05 km. Assim como a microbacia 1, também corresponde a uma área de contribuição. Como exposto no Mapa de Microbacias de Influência na Área Urbana, os exutórios das microbacias 1 e 2 coincidem com a crista da microbacia 3.

A microbacia 3 expõe uma área de 13,59 km² e perímetro de 13,83 km. Esta microbacia recebe as contribuições das águas pluviais das microbacias 1 e 2. Outra característica que deve ser ressaltada, é que a microbacia 3 possui a maior área urbanizada quando comparada com as microbacias 1 e 2.

Nos tópicos a seguir serão expostas informações relacionadas com a análise morfométrica, análise linear, análise areal e análise hipsométrica, das microbacias de interesse.

2.4.2.1. 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 (1980). 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 Antônio Carlos.

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 32 - Hierarquia do fluxo de drenagem computado.

Hierarquia Fluvial			
Microbacias	**Ordem**	**Quantidade**	**Extensão (km)**
Microbacia 1	Primária	6	9,31
	Secundária	3	7,28
	Terciária	1	1,86
	Quaternária	-	-
Microbacia 2	Primária	7	12,15
	Secundária	2	5,54
	Terciária	1	3,71
	Quaternária	-	-
Microbacia 3	Primária	5	9,19
	Secundária	1	1,75
	Terciária	-	-
	Quaternária	-	-

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.4.2.2. 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).

2.4.2.3. 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;**

- N1 = Número de rios de 1ª ordem;
- 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.

2.4.2.4. 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 Antônio Carlos, cujos dados estão expostos na tabela abaixo a seguir.

Tabela 33 – Dados extraídos das microbacias.

Informações Analisadas		
Parâmetros		**Valor**
Microbacia 1	Área da bacia - A (Km²)	21,52
	Perímetro da bacia - P (Km)	22,77
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	9,81
	Altura do canal principal - Hcp (m)	88
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	8,97
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km²)	0,42
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	9,82
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,37
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km²)	0,27
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km²)	0,85
	Altura da bacia - Hb (m)	94
Microbacia 2	Área da bacia - A (Km²)	25,41
	Perímetro da bacia - P (Km)	24,05
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	9,41
	Altura do canal principal - Hcp (m)	98
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	10,41
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km²)	0,49
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	9,26
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,33
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km²)	0,28
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km²)	0,98
	Altura da bacia - Hb (m)	116
Microbacia 3	Área da bacia - A (Km²)	13,59
	Perímetro da bacia - P (Km)	13,83
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	3,76
	Altura do canal principal - Hcp (m)	19
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	5,05
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km²)	0,41
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	3,77
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,05
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km²)	0,36
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km²)	0,81
	Altura da bacia - Hb (m)	22

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Através da análise dos parâmetros morfométricos, pode-se inferir que as microbacias localizadas na área urbana de Antônio Carlos, possuem influência direta junto ao Rio Bandeirinha, e apresenta área relativamente média para a microbacia 3 com 13,59 km² e grandes para as microbacias 1 e 2 com áreas de 21,52 km² e 25,41 km², respectivamente.

Todas as Microbacias estudadas apresentaram densidades hidrográficas baixas, com menos de cinco rios/km. A densidade hidrográfica é de suma importância, pois representa o comportamento hidrográfico em determinada

área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos de água.

Para o fator Densidade de Drenagem, todas as microbacias apresentaram resultados baixos. A densidade de drenagem é uma das variáveis mais importantes para a análise morfométrica, representando o grau de dissecação topográfica, em paisagens elaboradas pela atuação fluvial, ou expressando a quantidade disponível de canais para o escoamento e o controle exercido pelas estruturas geológicas.

Avaliando os valores referentes ao gradiente do canal principal de cada microbacia, observou-se que as microbacias que exibem os maiores gradientes, sendo estas as microbacias 1 e 2, consequentemente apresentam as maiores velocidades de escoamento. Porém a microbacia 3 que comporta a maior parte da área urbana de Antônio Carlos possui gradiente com valor intermediário, resultando numa menor velocidade no escoamento.

Considerando a microbacia 3 é responsável por comportar as águas das microbacias 1 e 2 que se direcionam para a mesma, além do fato que apresenta a maior parte da área urbana nos seus limites, faz-se necessário traçar metas para direcionamento adequado dos dispositivos de drenagem urbana para controle das águas pluviais.

Mediante os cálculos realizados, é possível verificar que, ao se aplicar a fórmula que define o Coeficiente de Compacidade (Kc), as microbacias 1 e 2 apresentaram valores que indicam que se aproximam de uma forma alongada. Fato esse representado pelo Mapa das Microbacias de Influência na Área urbana do Município de Antônio Carlos e dessa forma, maior propensão ao escoamento natural das águas da chuva, com menores riscos de inundações. Em contrapartida, a microbacia 3 apresentou valor que indica que o seu formato possui aspectos circulares, o que indica um risco maior de inundações.

O índice de gradiente do canal principal sinaliza sobre a susceptibilidade à erosão e relaciona-se ao índice de sinuosidade para determinar seu potencial de acumulo de sedimentos, o que pode resultar no assoreamento em casos mais graves.

Perante os indicadores apresentados, evidencia-se que as microbacias 1 e 2 de influência na área urbana do Município de Antônio Carlos contêm

características naturais que se traduzem em boas condições de drenagem natural.

Contudo, a microbacia 3 apresenta características naturais que tendem a não favorecer a infiltração das águas pluviais, gerando escoamento superficial. Não foram apresentados valores alarmantes, porém há indicadores que evidenciam que a capacidade de escoamento é mediana. Nesse sentido, torna-se de interesse que a microbacia 3 tenha maior atenção em relação ao uso dos dispositivos de drenagem.

2.4.3. 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.

2.4.3.1. 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 Antônio Carlos.

Tabela 34 - Tempo de Concentração para as diferentes microbacias.

Microbacias	L (Km)	ΔH(m)	Tc(min)	Tc (h)
1	9,81	94	138,547	2,309
2	9,41	116	121,774	2,030
3	3,76	23	78,696	1,312

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.4.3.2. 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.

2.4.3.3. 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 Ferroviária
- Via Pavimentada

Em seguida, foram mapeadas e medidas as classes criadas para a classificação supervisionada, como podemos ver na tabela e figura abaixo.

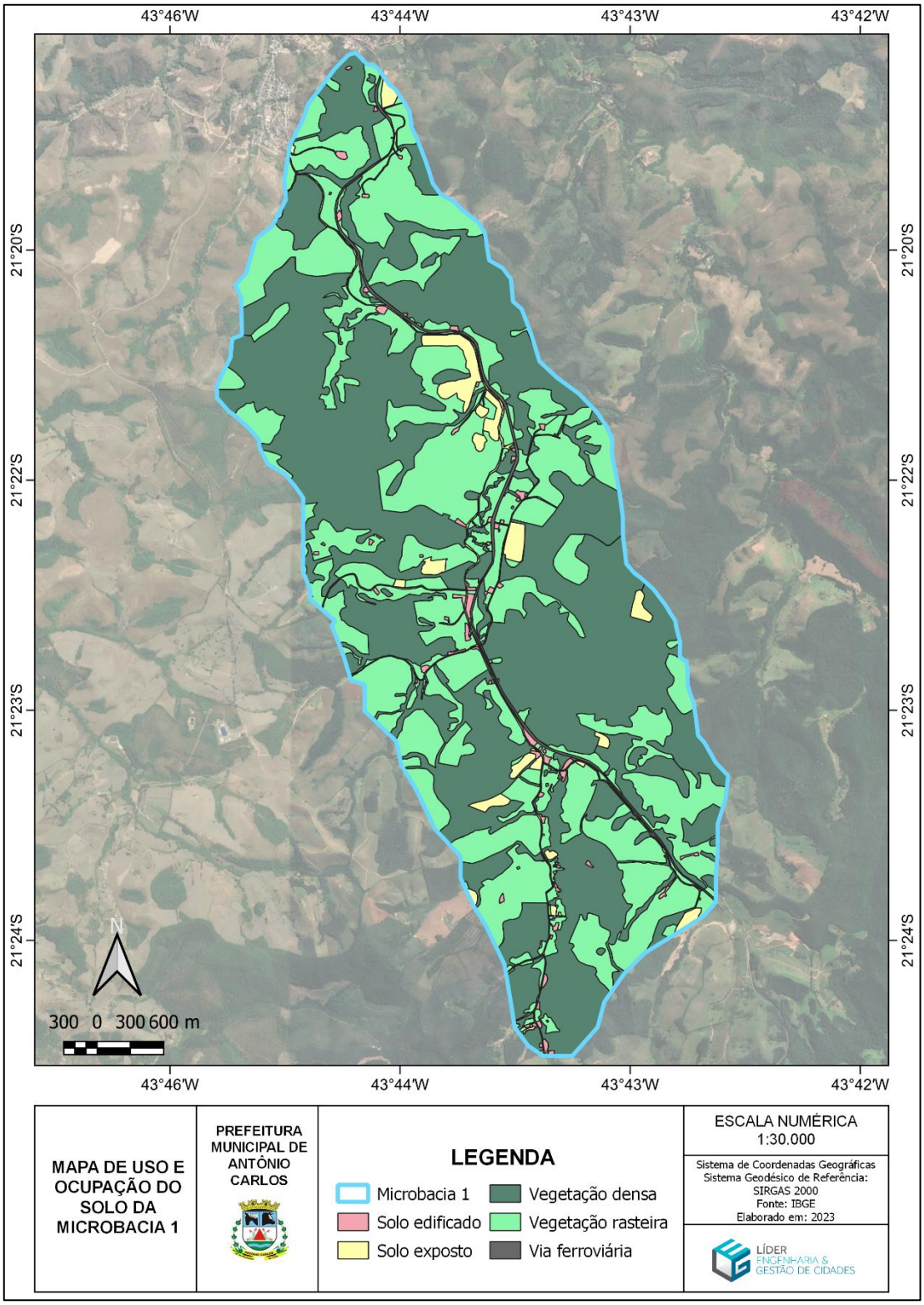
Tabela 35 - Classes de uso do solo utilizadas por microbacia.

Microbacia 1	**Área (km²):** 21,52	**Perímetro (km):** 22,77
	Solo edificado (km²)	0,18
	Solo exposto (km²)	0,70
	Vegetação densa (km²)	11,23
	Vegetação rasteira (km²)	9,23
	Via pavimentada (km²)	0,00
	Via ferroviária (km²)	0,18
Microbacia 2	**Área (km²):** 25,41	**Perímetro (km):** 24,05
	Solo edificado (km²)	0,17
	Solo exposto (km²)	0,41
	Vegetação densa (km²)	14,83
	Vegetação rasteira (km²)	9,98
	Via pavimentada (km²)	0,01
	Via ferroviária (km²)	0,01
Microbacia 3	**Área (km²):** 13,59	**Perímetro (km):** 13,83
	Solo edificado (km²)	1,01
	Solo exposto (km²)	0,26
	Vegetação densa (km²)	3,21
	Vegetação rasteira (km²)	8,69
	Via pavimentada (km²)	0,37
	Via ferroviária (km²)	0,05

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

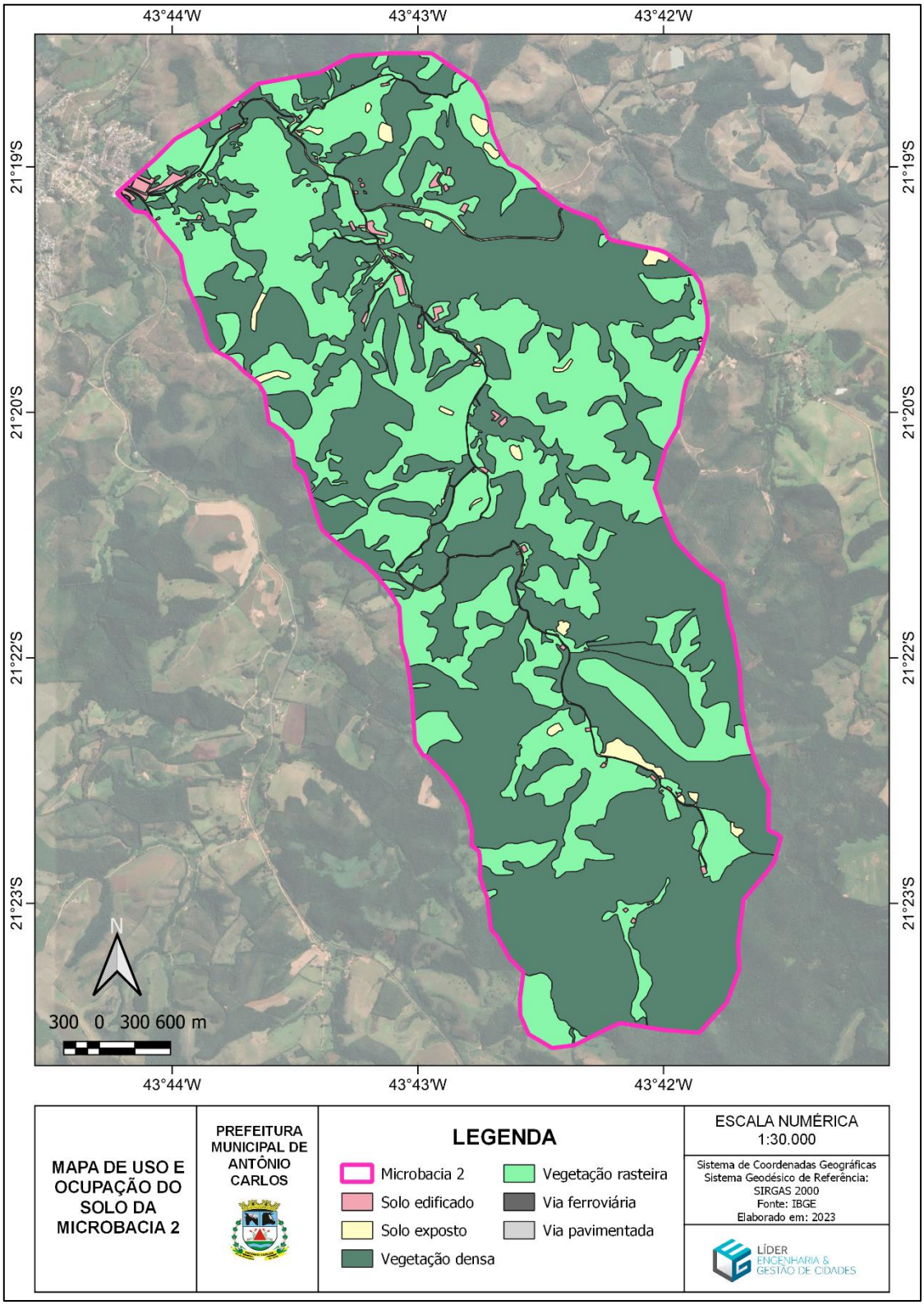
A seguir a figura mostra o mapa da classificação do uso e ocupação do solo da área urbana corresponde a área de abrangência das microbacias.

Figura 63 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 1.



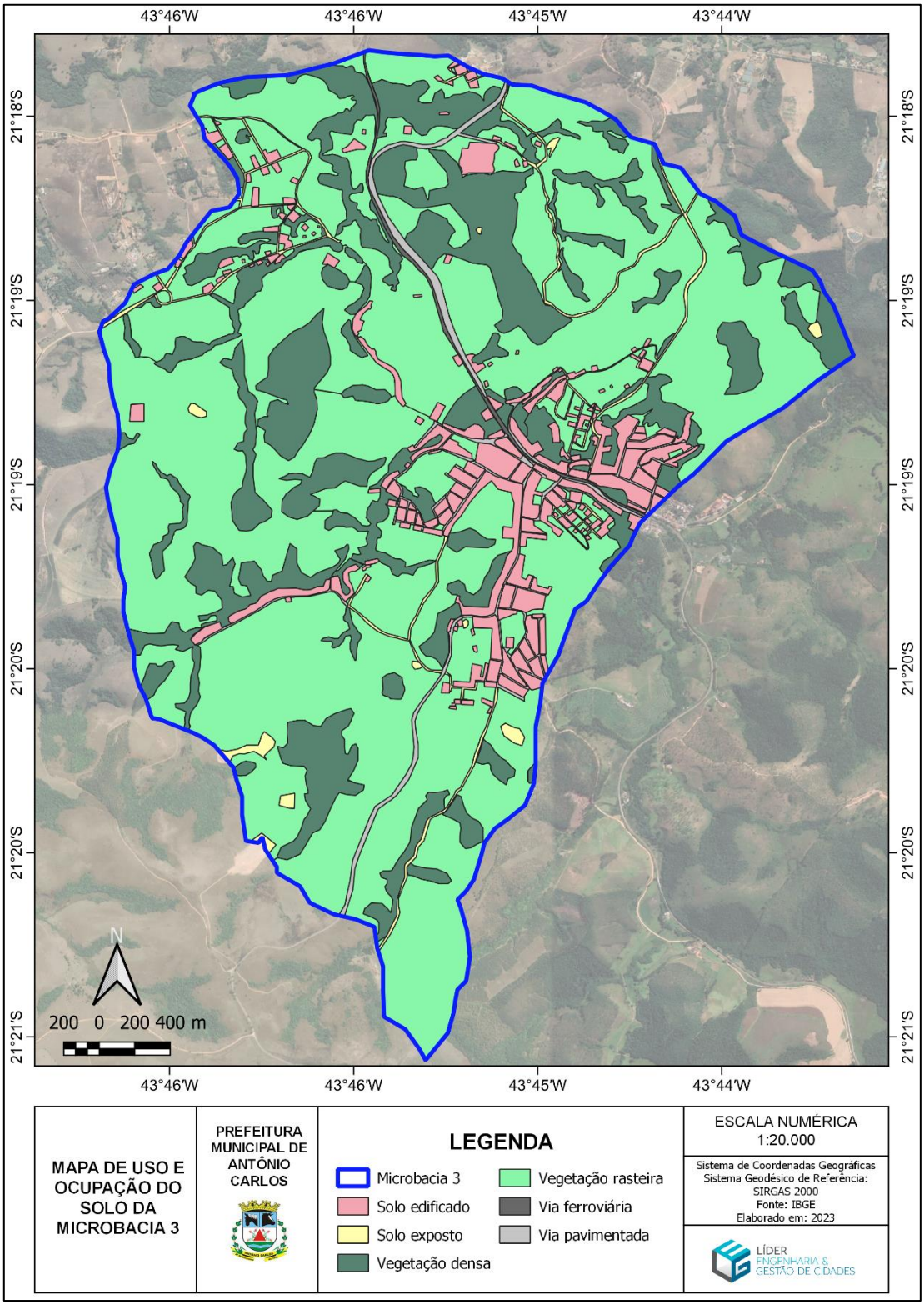
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 64 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 2.



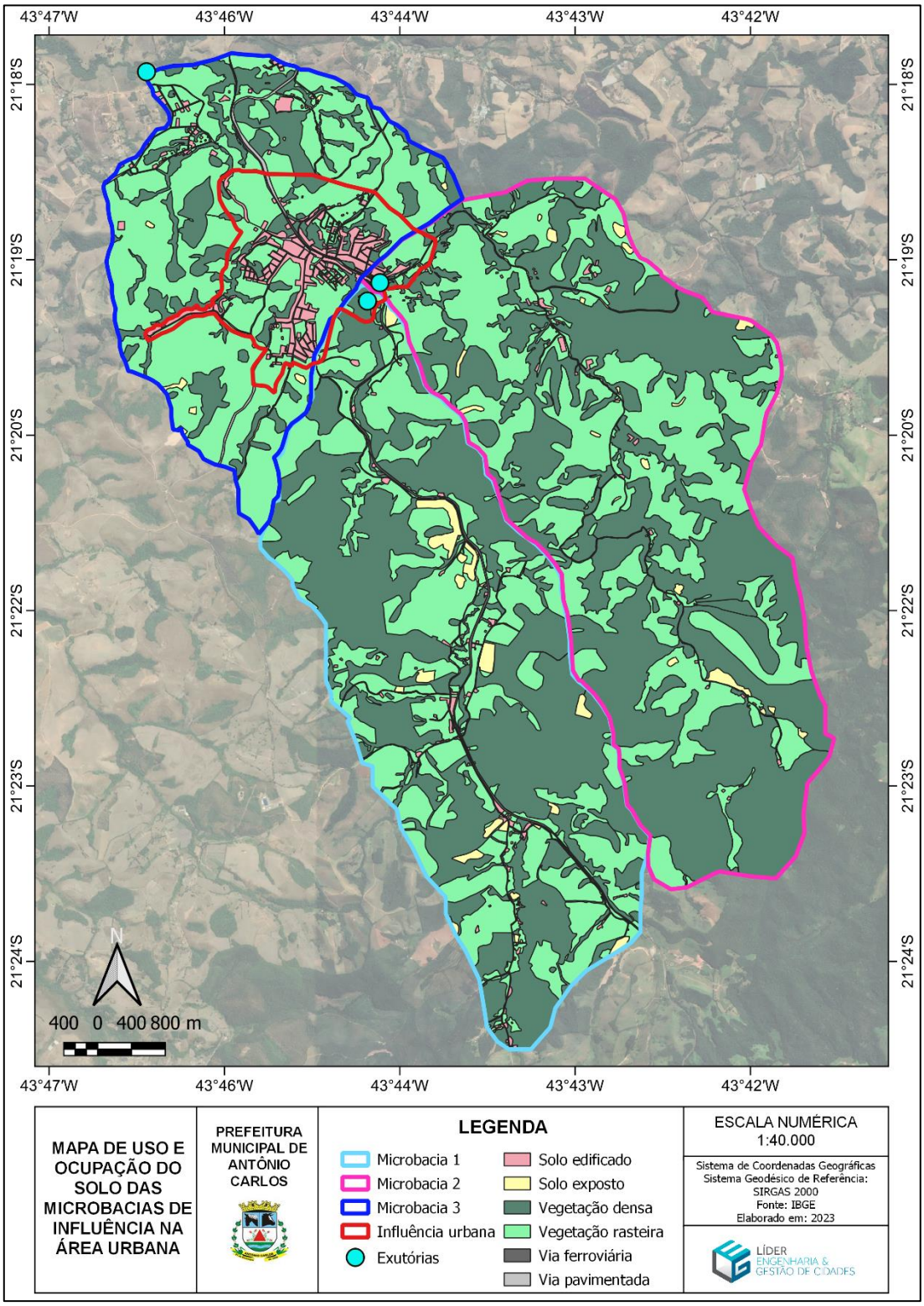
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 65 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Microbacia 3.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 66 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo das Microbacias de Influência na Área Urbana do Município de Antônio Carlos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 microbacia 1 como exposto em tópicos anteriores, corresponde a área de contribuição para a microbacia 3. Essa microbacia apresenta valores baixos nas classes que demonstram impermeabilização do solo, sendo as classes de Solo Edificado (0,18 km²), Via Ferroviária (0,18 km²) e Via Pavimentada (0 km²). Nesse sentido, indicando alta permeabilidade do solo dessa microbacia e demonstrando certa tendência a infiltração das águas pluviais no solo. Tal fato é constatado pelos valores das classes que indicam permeabilidade, como a Vegetação Densa (11,23 km²) e Vegetação Rasteira (9,23 km²), que totaliza grande parte do território da microbacia, associadas com a classe de Solo Exposto (0,70 km²).

A microbacia 2 também é considerada como área de contribuição. Assim como a microbacia 1, apresenta valores que indicam alto grau de permeabilidade do solo, indicando tendência a infiltração das águas provenientes das chuvas e redução do escoamento superficial. Considerando a área total da microbacia de 25,41 km² relacionando com as áreas das classes de Vegetação Densa (14,81 km²) e Vegetação Rasteira (9,98 km²), nota-se que as classes juntas abrangem cerca de 97,56% da área total.

A microbacia 3 recebe a contribuição das microbacias 1 e 2, além de seus limites também possuir a maior parte da área urbana do Município de Antônio Carlos, visto a classe de Solo Edificado (1,01 km²). Considerando que as microbacias 1 e 2 possuem características que favorecem a infiltração de água no solo, diminui consideravelmente os riscos de inundações e problemas relacionados com as chuvas.

2.4.3.4. 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 Antônio Carlos, a relação, segundo Bello (2018), é possível calcular pela equação a seguir.

$$i_{(t,TR)} = \frac{K\,TR^{a}}{(t+b)^{c}}$$

em que:

i - intensidade de precipitação média máxima (mm h^{-1});

TR - período de retorno (5, 10, 25, 50 e 100 anos);

t - tempo de duração da chuva (5 min ≤ t ≤ 1440min);

K, a, b e c - coeficientes de ajuste local.

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.

Tabela 36 - Coeficientes da equação da chuva.

Município	Estação	k	a	b	c
Antônio Carlos	Juiz de Fora	3000,00	0,1730	23,96	0,9600

Fonte: Bello, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A tabela abaixo mostra as chuvas intensas para os diferentes tempos de retorno.

Tabela 37 - 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	138,5473858	29,89543559	33,70412641	44,52509817	50,19761403
Microbacia 2	121,7739924	33,19132863	37,41991757	49,43387297	55,73176876
Microbacia 3	78,6958081	46,46381657	52,38332595	69,20139992	78,01768679

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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.

2.4.3.5. 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 (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 (SCHLICKMANN, 2019).

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:

$$Ff = B/L$$

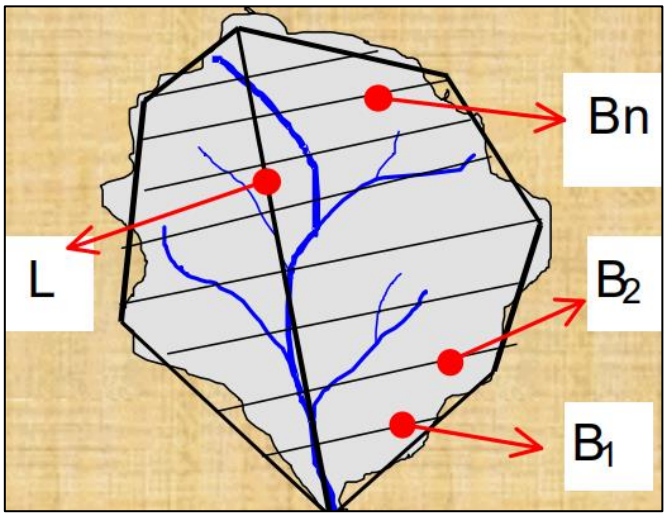
Onde:

L: comprimento da bacia

B: largura média, obtida pela fórmula:

$$\frac{1}{n} \bullet \sum_{1}^{n} Bi$$

Figura 67 - Determinação da largura média da bacia.



Fonte: Hidromundo, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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.

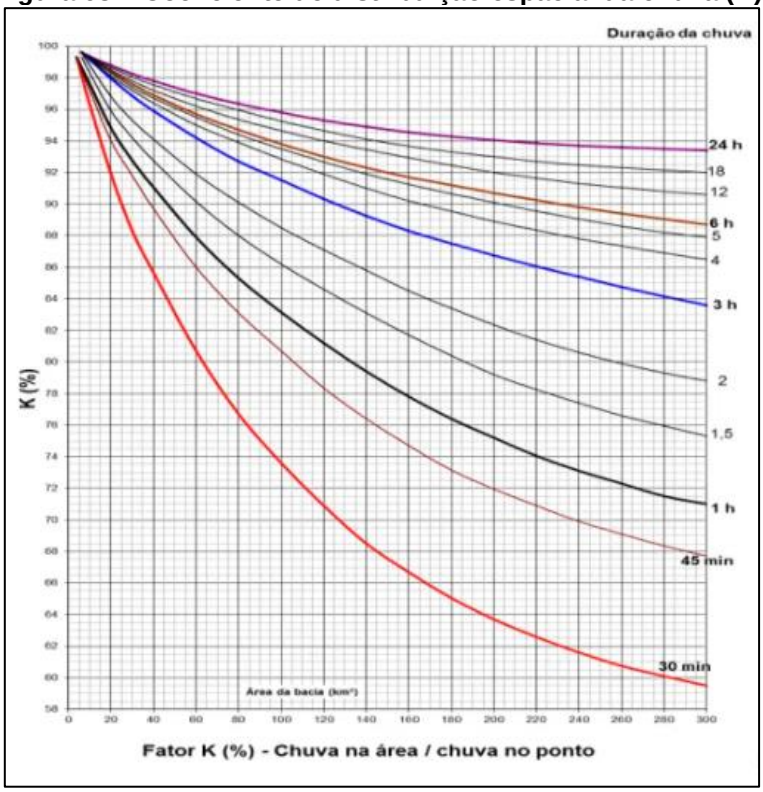
Tabela 38 - Valores para determinação de C2.

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, 2023.

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 68 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).



Fonte: Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de I-Pai-Wu, 1999. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Nesse sentido, a tabela abaixo demonstra as vazões estimadas pelo Método I-PAI-WU.

Tabela 39 - 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	26,3363	29,6995	39,2279	44,2141
2	33,9185	38,2254	50,5188	56,9426
3	43,5552	49,1175	64,8735	73,1354

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.4.4. 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. Contudo, no Município de Antônio Carlos não foram identificados pontos de erosão.

2.4.5. 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 Antônio Carlos, observou-se a inexistência de um banco de dados capazes de formular os indicadores necessários para apresentar a os serviços prestados. A necessidade de ampliação das informações dos indicadores pode ser obtida pela agregação/associação de indicadores em sistemas que reúnem diversos indicadores em uma ou mais dimensões.

2.4.6. Sistemas de Macrodrenagem

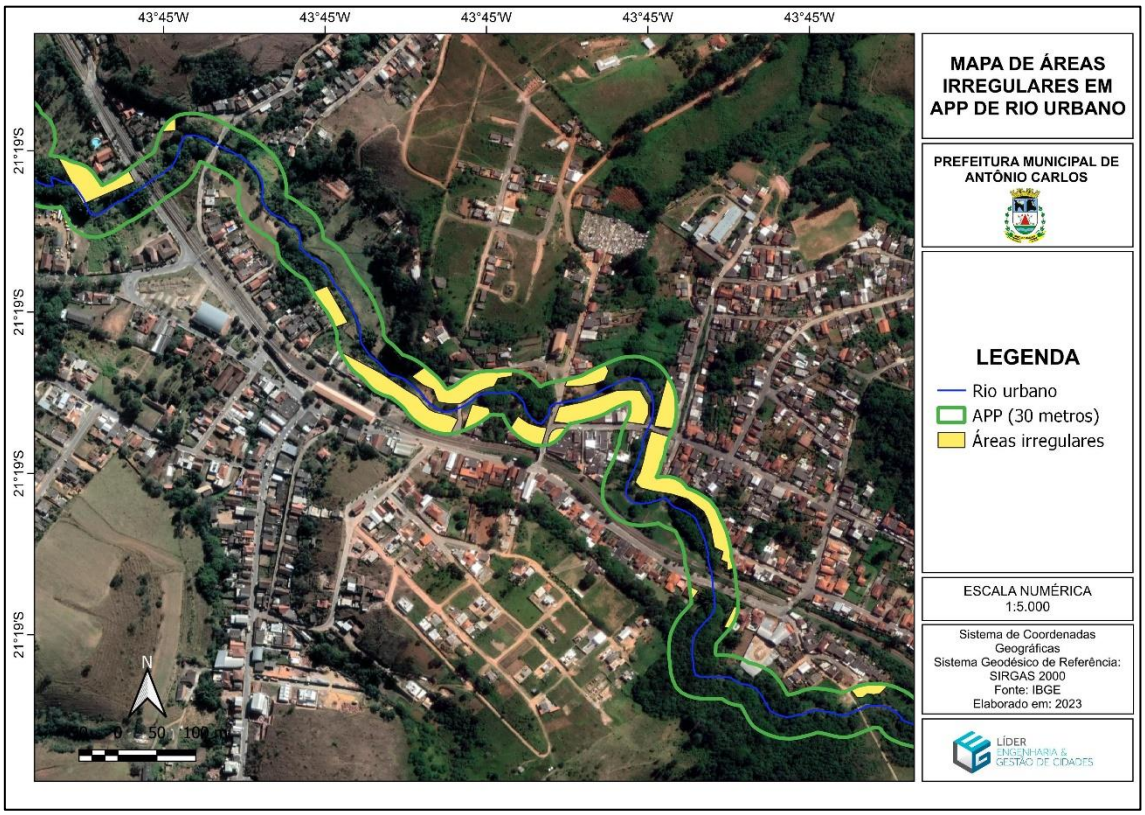
A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. Quando é mencionado o sistema de macrodrenagem, as áreas envolvidas são de pelo menos 2 km² ou 200 ha. Estes valores não devem ser tomados como absolutos, pois a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações. 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 Antônio Carlos, pela configuração do sistema existente atualmente é possível observar, na maior parte, aspectos relacionados que há urbanização nas áreas de leitos que passam pelo município com influência das microbacias estudadas.

Figura 69 - Áreas irregulares.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

De uma forma geral, o município possui um sistema de drenagem natural boa, havendo poucos pontos de risco. Contudo, é importante atentar-se para a

manutenção dos dispositivos de drenagem, sendo este ponto em muitas ocasiões o agente causal de enchentes e alagamentos.

Figura 70 - Macrodrenagem em Antônio Carlos.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.4.7. 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.

O recobrimento mínimo da rede deve ser de um metro (1 m) sobre a geratriz superior do tubo. Além disso, deve possibilitar a ligação das canalizações de escoamento (recobrimento mínimo de 0,60 m) das bocas de lobo.

No Município de Antônio Carlos, nas ruas onde existem os sistemas de microdrenagem, pode-se constatar a inexistência de um programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto.

Pela área urbana foram constatadas bocas de lobo com grades e sarjetas, localizada em ruas com pavimentação e de blocos.

Figura 71 - Dispositivo de drenagem.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.4.8. 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 Antônio Carlos, os quais embasarão as soluções propostas no Prognóstico.

- Ausência de programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto na rede de drenagem;
- Ausência de um banco de dados com cadastro da rede e dispositivos de drenagem;
- Ausência de fiscalização de áreas de habitação irregulares;
- Crescimento desordenado e o povoamento dos loteamentos que são executados de forma irregulares, com algumas ruas sem pavimentação;
- Dispositivos de drenagem com necessidade de substituição.

3. PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

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 imediato, 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 do crescimento populacional. Neste estudo foram utilizados o método do Crescimento, o Aritmético, Previsão e o Geométrico. Foram utilizados os levantamentos dos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010 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 1970 até 2010.

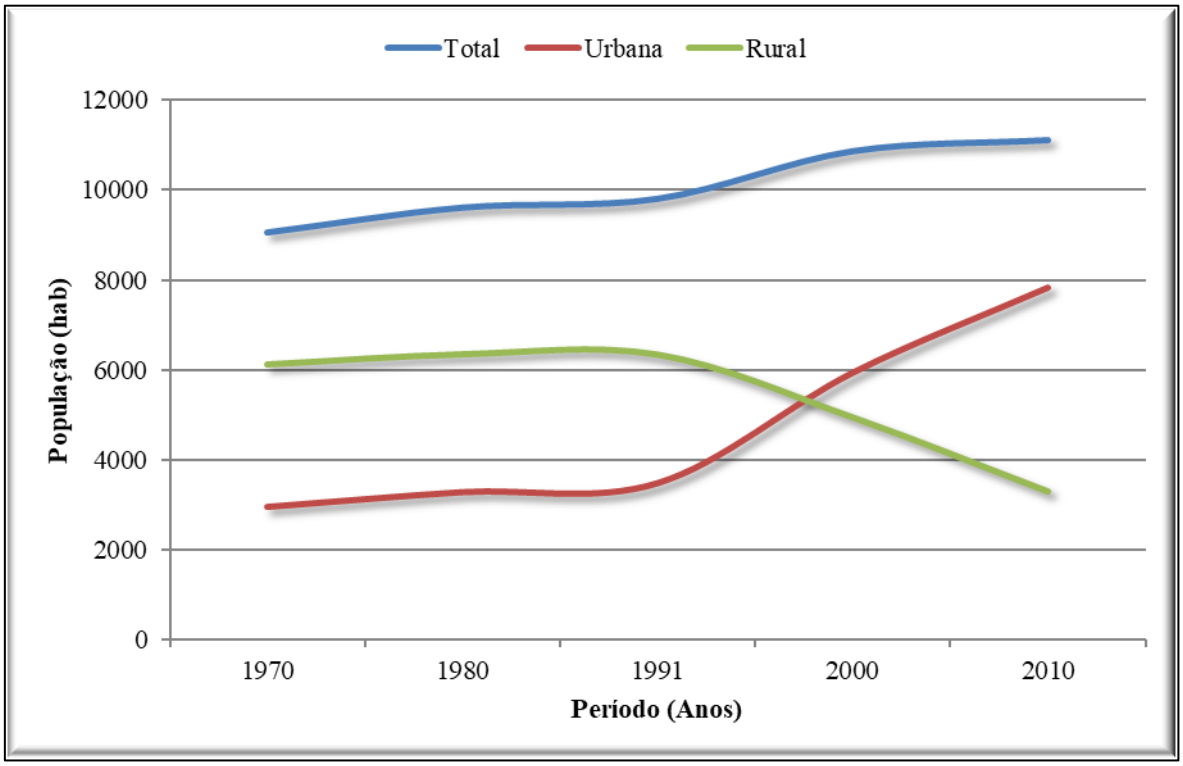
Tabela 1 – População total do Município de Antônio Carlos.

Situação do domicílio	Ano				
	1970	1980	1991	2000	2010
Total	9.065	9.618	9.812	10.870	11.114
Urbana	2.944	3.273	3.473	5.931	7.826
Rural	6.121	6.345	6.339	4.939	3.288

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O gráfico abaixo apresenta a distribuição da população do município entre os anos de 1970 a 2010, conforme dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

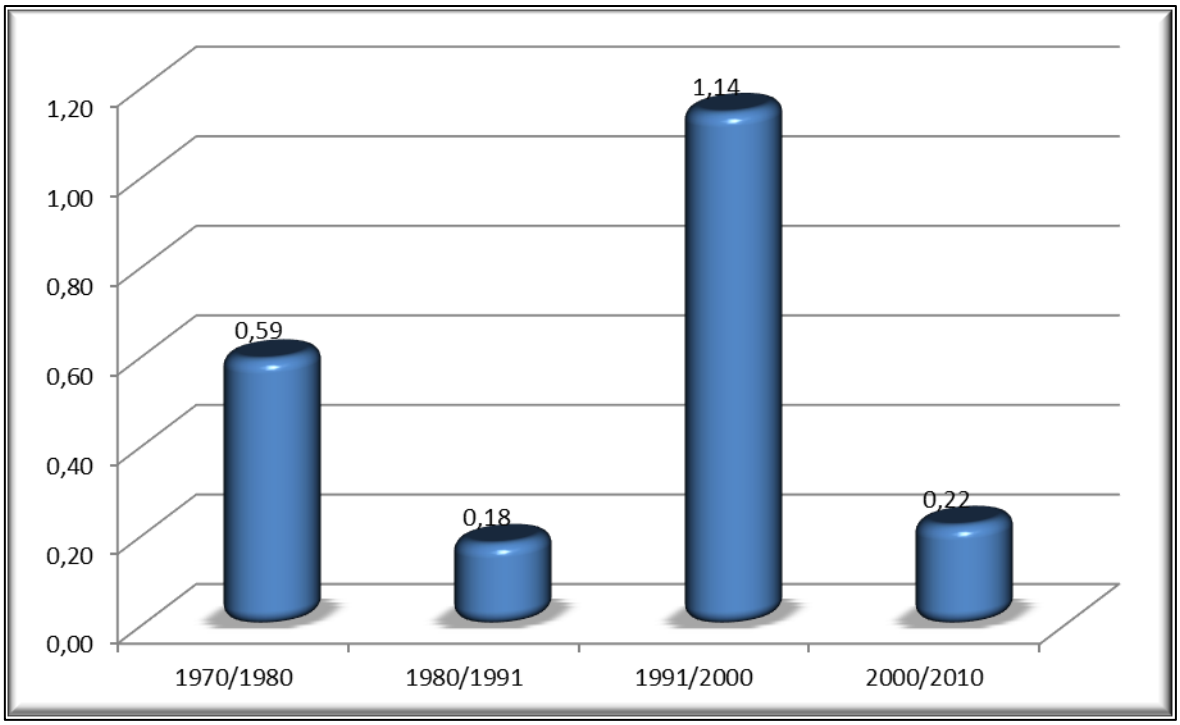
Gráfico 3 - Evolução da população do Município de Antônio Carlos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Já no gráfico a seguir é demonstrado a taxa de crescimento urbano anual em cada período intercensitário. Pode-se averiguar que o período com maior crescimento da população urbana foi o de 1991/2000, no qual a taxa de crescimento anual foi de 1,14% ao ano.

Gráfico 4 - Gráfico com Taxa de crescimento urbano.

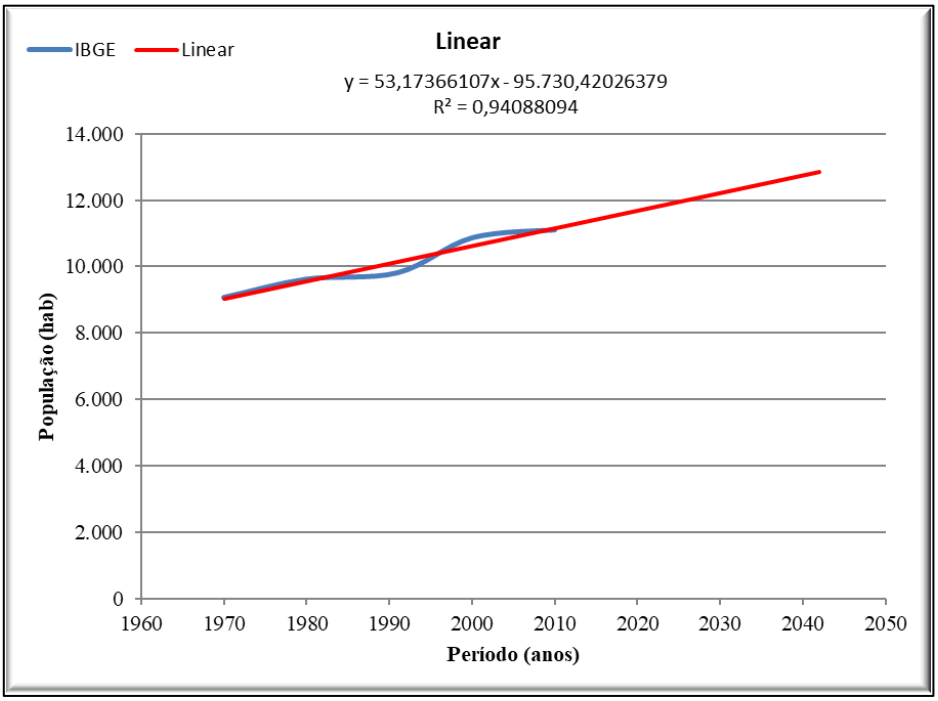


Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A fim de definir qual dos métodos matemáticos mais se adéqua 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.

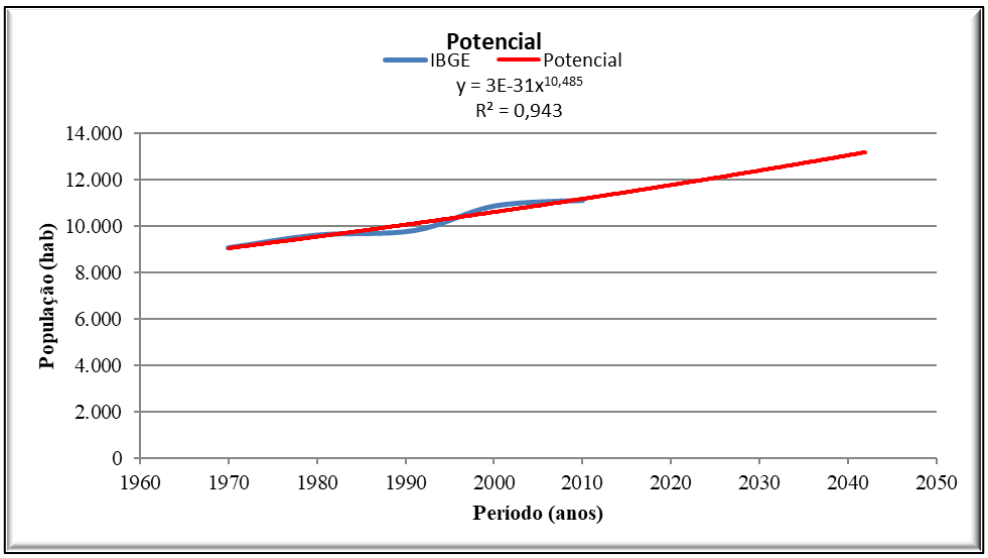
A evolução da população e a taxa de crescimento (%) ano a ano, obtidos através do ajuste dos dados do IBGE, são determinadas a partir da curva que melhor se ajusta aos dados do próprio IBGE. Os gráficos que seguem ilustram o estudo populacional e o desvio padrão (R^2) de cada um dos métodos.

Gráfico 5 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Linear.



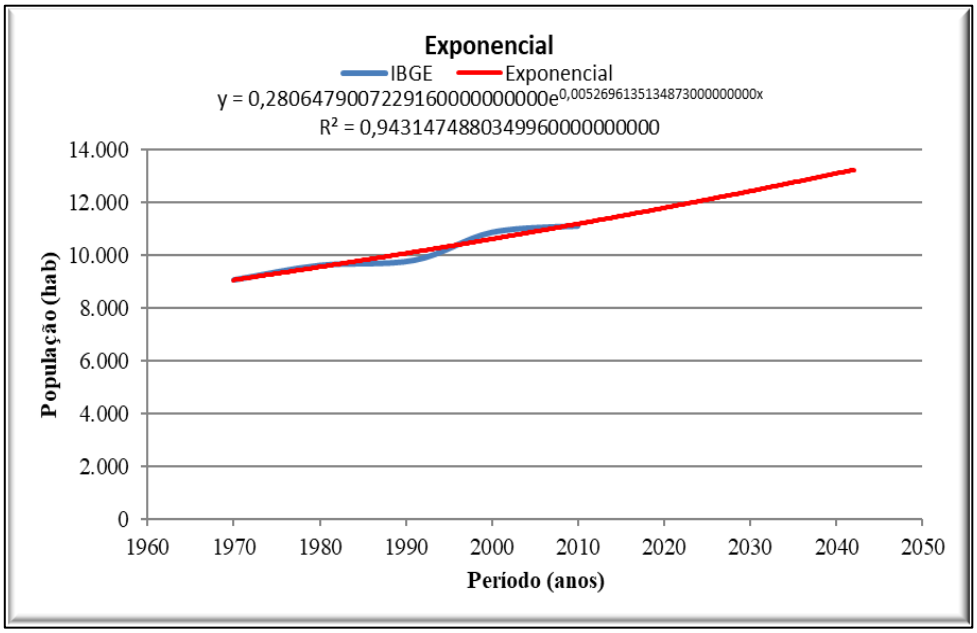
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Gráfico 6 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Potencial.



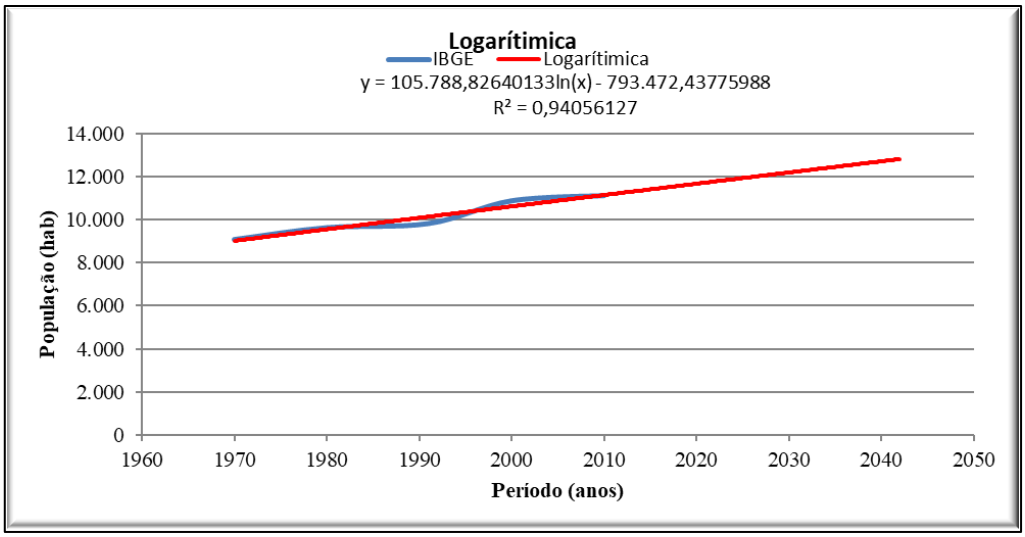
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Gráfico 7 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Exponencial.



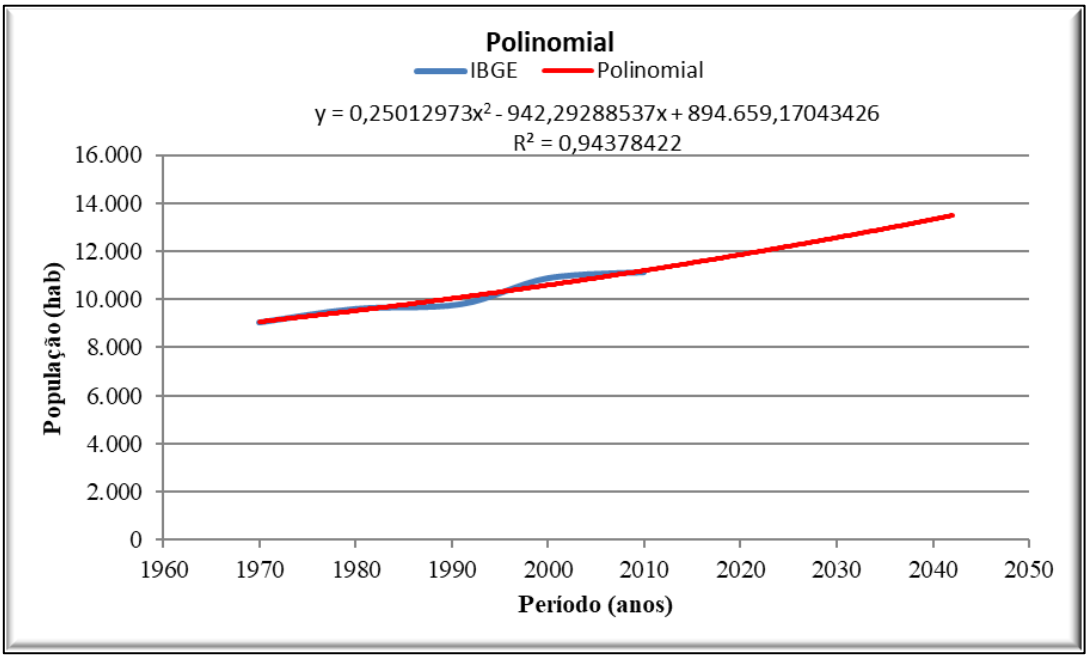
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Gráfico 8 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Logarítmica.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Gráfico 9 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Polinomial.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 0,94378422 resultando na equação:

$$y = 0{,}25012973x^2 - 942{,}29288537x + 894.659{,}17043426$$

$$R^2 = 0,\ 94378422$$

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, foi indicado como o mais aplicável ao comportamento do município, o método Aritmético, que retratou melhor a evolução da população e permitiu estima-la no futuro.

O método Aritmético deduz que o crescimento da população e o crescimento da taxa, ocorre em incrementos fixos ao longo de um determinando período.

Este método apresentou a população para os próximos vinte anos, conforme a tabela a seguir:

Tabela 2 – Projeção da população do município até o ano 2043.

Ano	População
2023	12.005
2024	12.073
2025	12.142
2026	12.210
2027	12.279
2028	12.347
2029	12.416
2030	12.485
2031	12.553
2032	12.622
2033	12.690
2034	12.759
2035	12.827
2036	12.896
2037	12.964
2038	13.033
2039	13.101
2040	13.170
2041	13.238
2042	13.307

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Ao considerarmos as projeções populacionais realizadas ou mesmo as informações fornecidas pelo IBGE, é possível perceber o crescimento populacional do município. Entretanto, percebe-se através dos dados expostos na tabela acima que a população tem procurado cada vez mais as áreas urbanas para se residir, buscando postos de trabalho, melhores condições de moradia e de prestação de serviços.

Sendo assim, é necessário que o Município de Antônio Carlos esteja preparado para um contingente futuro garantindo desta forma, uma boa qualidade de vida para seus habitantes. Além de proporcionar para as áreas rurais condições para que esta população permaneça em suas propriedades, contribuindo para o desenvolvimento do município, e que a saída do campo por estas pessoas seja uma opção e não uma necessidade de melhoria de condição de vida.

3.1. Sistema de Abastecimento de Água – SAA

Considerando a necessidade de ampliar os serviços na busca pela universalização do acesso ao sistema de abastecimento de água - SAA, é necessário a melhoria e adequação deste sistema, para inclusive atender o incremento da população previsto para um horizonte de vinte anos.

Para melhorar a eficácia do sistema de abastecimento de água deve-se primeiramente buscar a redução sobre as perdas em toda a rede, iniciando-se na captação, passando pelo tratamento até a distribuição, além de adequar a capacidade de produção e reservação a fim de minimizar riscos de interrupções no abastecimento durante a manutenção do sistema. Estando também preparados para a solução de problemas atípicos e as altas demandas que ocorrem em horários de maior consumo.

Diante da importância de preservação dos mananciais de abastecimento de água superficial e subterrânea, tendo em vista a disponibilidade de água com qualidade para atender as necessidades da população atual e futura, deve ser desenvolvido e mantido programa para monitorar a qualidade dos mananciais utilizados e possíveis pontos de contaminação da água, de forma a proporcionar a adoção de medidas alternativas, preventivas e corretivas quando detectadas alterações que representem risco de contaminação.

Considerando a necessidade de toda a população ter acesso a água em quantidade e qualidade adequada, o município deve proporcionar condições para que toda população tenha acesso a meios apropriados e seguros de abastecimento.

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 para a área urbana do 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.

$$Qmaxh = Qmaxd \,.\, k2$$

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 3 - Demandas para o SAA.

Ano	Pop. Urbana	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Vazão Máxima Horária	Vazão Captação (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³)	Volume necessário para Reservação (m³)	Ligações (lig)	Extensão da rede (Km)
2023	8.275	11,96	14,35	21,53	23,03	1.240,24	413,41	3.660	50,09
2024	8.478	12,26	14,71	22,06	23,56	1.270,63	423,54	3.748	51,28
2025	8.685	12,56	15,07	22,60	24,10	1.301,76	433,92	3.838	52,51
2026	8.898	12,86	15,44	23,15	24,65	1.333,65	444,55	3.930	53,77
2027	9.116	13,18	15,81	23,72	25,22	1.366,32	455,44	4.025	55,06
2028	9.339	13,50	16,20	24,30	25,80	1.399,80	466,60	4.122	56,38
2029	9.568	13,83	16,60	24,90	26,40	1.434,09	478,03	4.221	57,73
2030	9.803	14,17	17,00	25,51	27,01	1.469,23	489,74	4.323	59,11
2031	10.043	14,52	17,42	26,13	27,63	1.505,23	501,74	4.427	60,53
2032	10.289	14,87	17,85	26,77	28,27	1.542,10	514,03	4.534	61,99
2033	10.541	15,24	18,29	27,43	28,93	1.579,88	526,63	4.643	63,48
2034	10.799	15,61	18,73	28,10	29,60	1.618,59	539,53	4.755	65,00
2035	11.064	15,99	19,19	28,79	30,29	1.658,25	552,75	4.870	66,56
2036	11.335	16,39	19,66	29,49	30,99	1.698,87	566,29	4.988	68,17
2037	11.613	16,79	20,14	30,22	31,72	1.740,50	580,17	5.108	69,81
2038	11.897	17,20	20,64	30,96	32,46	1.783,14	594,38	5.231	71,49
2039	12.189	17,62	21,14	31,72	33,22	1.826,83	608,94	5.358	73,21
2040	12.487	18,05	21,66	32,49	33,99	1.871,58	623,86	5.487	74,98
2041	12.793	18,49	22,19	33,29	34,79	1.917,44	639,15	5.620	76,78
2042	13.107	18,95	22,74	34,10	35,60	1.964,41	654,80	5.756	78,63

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.1.2. Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada

Para a área urbana de Antônio Carlos há a necessidade de projeto para implementar a setorização da rede de distribuição, com a instalação de macromedidores em cada seção particular da mesma, visando manter o controle de perdas e facilidade de detecção e reparação de anomalias.

Conforme relatado no Produto II – 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.

Propiciando desta maneira, que o sistema de setorização agregue benefícios a toda malha existente na rede de distribuição de água potável da área urbana e que cada setor de abastecimento, possa a ser definido pela área a ser suprida, através de um reservatório de distribuição.

Este reservatório de distribuição, a ser implantado deverá também, ser destinado a regularizar as variações de adução e de distribuição e condicionar adequadamente as pressões na rede.

Desta forma, a 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.

A questão da setorização da rede irá auxiliar também a Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, em momentos em que ocorrer obras na rede de distribuição, pois, como também relatado no Produto II – Diagnóstico, quando há alguma obra na rede de distribuição, a água se torna impura devido ao acumulo de sedimentos, fato este, comum em qualquer obra ou procedimento de manutenção em redes de abastecimento de água potável.

Através da setorização, serão implantados os chamados pontos de lavagem, que servirão para evitar este tipo de problema, pois, após a conclusão da obra ou do procedimento de manutenção, a água suja é retirada nestes pontos de lavagem, sistemas estes, não existindo nas redes de distribuição de água potável no Município de Antônio Carlos. 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 continua do cadastro da rede de distribuição de água do município.

Para a área rural, principalmente as comunidades rurais Curral Novo e São Sebastião Campolide, é necessário a adequação dos pontos de captação de água, pois, estes pontos são de captação superficial, necessitando de uma estrutura física para as suas proteções, como cercamentos e sinalização, já em Sá Fortes que o ponto de captação é por poço indica-se a manutenção das estruturas.

Deve-se também, ao menos uma vez no ano que se realize análises da qualidade da água consumida por esta população. Orientando-os sobre as formas de garantir que a água consumida não seja contaminada.

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 4 - Ações para emergências e contingências referentes ao abastecimento emergencial/temporário de água.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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 Saneamento de Minas Gerais – COPASA 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 Saneamento de Minas Gerais – COPASA.
	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 Saneamento de Minas Gerais – COPASA, para que acione o socorro e ative a captação em fonte alternativa.
	Ações de vandalismo	Executar reparos das instalações danificadas.

		Promover o controle e o racionamento da água disponível em reservatórios.
		Implementar rodízio de abastecimento temporário das áreas atingidas com caminhões tanque/pipa.
		Promover sistema de segurança para evitar ações de vandalismo.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Tabela 5 - Ações para emergências e contingências referentes abastecimento emergencial/temporário de água.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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 temporária no fornecimento de energia elétrica nas instalações de produção de água.	Comunicar a concessionária dos serviços para que acione e busque alternativa de água.
		Comunicar o fornecedor de energia elétrica.
	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.
	Danificação de equipamentos nas estações elevatórias de água tratada.	Executar reparos das instalações danificadas e troca de equipamentos.
		Transferir água entre os setores de abastecimento com o objetivo de atender temporariamente a população atingida pela falta de água localizada.
	Danificação de estruturas de reservatórios e elevatórias de água tratada.	Promover abastecimento da área atingida com caminhões tanque/pipa.
	Rompimento de redes e linhas adutoras de água tratada.	Comunicar a Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA 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.
		Executar reparos nas instalações danificadas.
	Ações de vandalismo.	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, 2023.

Tabela 6 - Ações para emergências e contingências referentes abastecimento emergencial/temporário de água.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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, 2023.

3.1.1. 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 Antônio Carlos 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 do Município de Antônio Carlos.

3.1.1.1. 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 realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação

Tabela 7 - Síntese do objetivo 1.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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 Antônio Carlos relacionado as questões hídricas do município. 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 macro medidor, 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.	3) Manter o programa de Educação Ambiental	4) 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 nas residências quanto em instituições, indústrias, órgãos públicos, etc. (área rural e urbana).	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, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.1.1.1. Objetivo 2 – Ampliar e Aprimorar o Sistema de Abastecimento de Água na Zona Urbana

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 realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 8 - Síntese do objetivo 2.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	**1**	**ABASTECIMENTO DE ÁGUA**
OBJETIVO	**2**	**AMPLIAR E APRIMORAR O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA URBANA**
FUNDAMENTAÇÃO		Antônio Carlos atende 98,62% da população urbana com abastecimento de água potável. Mesmo esse índice sendo muito próximo à universalização ainda são necessárias melhorias e ampliações para otimizar o sistema e diminuir sua pressão sobre os recursos naturais regionais, bem como melhorar a qualidade dos serviços para a população.
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) Ampliar a rede de distribuição na área urbana para atender 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$)						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
1.2.1	Ampliar a rede de distribuição de água na área urbana em 6,7 Km.	R$ 402.000,00			RP - FPU	10,39 m/lig *R$60,00/m
1.2.2	Realizar 474 novas ligações na área urbana	R$ 78.684,00			RP - FPU	2,00 hab/lig *R$166,00/lig
1.2.3	Contratação de equipe para geofanamento da rede em Antônio Carlos para identificação de vazamentos invisíveis na tubulação de água, visando à continuidade dos serviços de redução de perdas no município.	R$ 161.310,00			RP - FPU	3,00 / m

1.2.4	Contratação de serviços e reparos na rede de água no apontado no município durante geofanamento, visando à continuidade dos serviços de redução de perdas no município.	R$ 161.310,00			RP - FPU	3,00 /m
1.2.5	Contratar 1 Fiscal para Implementação do monitoramento do SAA.	R$ 7.200,00	R$ 7.200,00	R$ 21.600,00	RP - AA	R$1.800,00 / mês
1.2.6	Ampliar a rede de distribuição de água na área urbana em 11,23 Km.		R$ 673.800,00		RP - FPU	10,39 m/lig *R$60,00/m
1.2.7	Realizar 825 novas ligações na área urbana		R$ 136.950,00		RP - FPU	2,00 hab/lig *R$166,00/lig
1.2.8	Ampliar a rede de distribuição de água na área urbana em 13,63 Km.			R$ 817.800,00	RP - FPU	10,39 m/lig *R$60,00/m
1.2.9	Realizar 1.001 novas ligações de água na área urbana.			R$ 166.166,00	RP - FPU	2,00 hab/lig *R$166,00/lig
1.2.10	Manutenção do SAA.	R$ 342.839,94	R$ 377.709,59	R$ 505.012,71	RP	Custo SNIS * Projeção Pop.
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 1.153.343,94**	**R$ 1.195.659,59**	**R$ 1.510.578,71**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 3.859.582,24**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.1.1.1. Objetivo 3 - Aprimorar o Sistema de Abastecimento de Água na Zona Rural

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 realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 9 - Síntese do objetivo 3.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	**1**	**ABASTECIMENTO DE ÁGUA**
OBJETIVO	**3**	**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS**
FUNDAMENTAÇÃO		De acordo com as informações inseridas no SNIS 2021, a COPASA atende parcialmente com abastecimento de água a zona rural do município sendo atendida as comunidades de São Sebastião de Campolide, Dr. Sá Fortes e Curral Novo. Para este objetivo foram consideradas as informações oficiais e propostas alternativas para o aprimoramento.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Número de captações individuais cadastradas. Acompanhamento e verificação das análises. Índice de atendimento = (Análises em conformidade*100) /Número Total de Análises

METAS		
CURTO - ATÉ 4 ANOS	**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**	**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**
1) Aprimorar e melhorar o SAA 2) Cadastrar e regularizar as captações individuais. 3) Incentivar a regularização das captações individuas. 4)Monitorar a qualidade da água. 5) Manutenção da vegetação nativa das nascentes	6) Monitorar a qualidade da água, reduzindo o risco de contaminação. 7) Manutenção da vegetação nativa das nascentes	8) Monitorar a qualidade da água, reduzindo o risco de contaminação. 9) Manutenção da vegetação nativa das nascentes

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES (R$)						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
1.3.1	Realizar a perfuração de um novo poço na comunidade de Dr. Sá Fortes	R$ 52.500,00			RP - FPU	R$ 350,00 / m
1.3.2	Realizar o cadastro das captações individuais	R$ 31.200,00	R$ 15.600,00	R$ 15.600,00	RP - AA	2 Estagiários x 12 meses (curto), 1 estagiário x 12 meses (médio e longo prazo). Ação administrativa para manutenção a médio e longo prazo.

1.3.3	A Secretaria de Saúde do Município, através da Vigilância Sanitária, deve ampliar a fiscalização do abastecimento de água através da realização da coleta e análise da água destinada ao consumo humano por laboratório especializado.	R$ 5.600,00	R$ 5.600,00	R$ 16.800,00	RP - FPR - AA	R$350/análise frequência trimestral - Custo anual R$1.400.
1.3.4	Manutenção periódica da vegetação nativa das nascentes, prevenindo queimadas e desmatamento	R$ 14.000,00	R$ 14.000,00	R$ 42.000,00	AA - RP	R$ 1.750,00 (Salário jardineiro) / 2x ao ano - Custo Anual R$3.500,00
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 103.300,00**	**R$ 35.200,00**	**R$ 74.400,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 212.900,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.1.1. Análise Econômica

A tabela síntese a seguir mostra os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 10 - Síntese dos totais dos valores estimados.

MUNICÍPIO DE MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
SETOR	**1**	**SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**			
CUSTOS DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO X CUSTOS DE INVESTIMENTO PARA UNIVERSALIZAÇÃO					
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$ 810.504,00	R$ 817.950,00	R$ 983.966,00	R$ 2.612.420,00
MANTER E OPERAR O SAA		R$ 342.839,94	R$ 377.709,59	R$ 505.012,71	R$ 1.225.562,24
APRIMORAR O SAA NA ZONA RURAL		R$ 97.700,00	R$ 29.600,00	R$ 57.600,00	R$ 184.900,00
MONITORAR A QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA NA ZONA RURAL		R$ 5.600,00	R$ 5.600,00	R$ 16.800,00	R$ 28.000,00
TOTAL		**R$ 1.356.643,94**	**R$ 1.310.859,59**	**R$ 1.803.378,71**	**R$ 4.470.882,24**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A tabela abaixo mostra o quantitativo individual necessário, por prazo e objetivo, destinado a manutenção do sistema e os investimentos previstos para universalização.

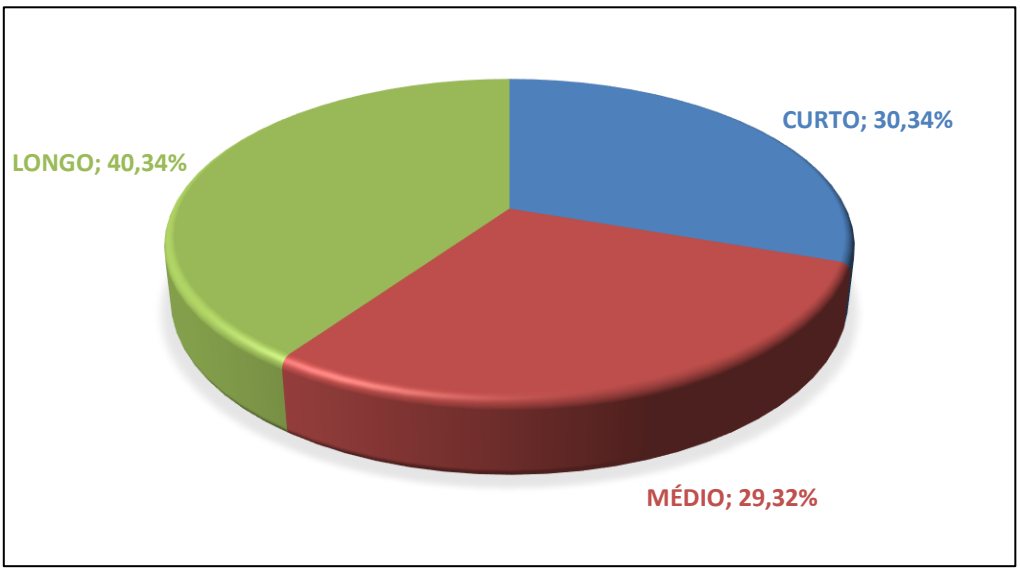
Tabela 11 - Distinção de custos de operação e investimentos para a universalização.

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS	R$ 913.804,00	R$ 853.150,00	R$ 1.058.366,00	R$ 2.825.320,00
INVESTIMENTOS PARA UNIVERSALIZAÇÃO	R$ 442.839,94	R$ 457.709,59	R$ 745.012,71	R$ 1.645.562,24
TOTAL GERAL	**R$ 1.356.643,94**	**R$ 1.310.859,59**	**R$ 1.803.378,71**	**R$ 4.470.882,24**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A figura abaixo mostra o gráfico com a porcentagem de despesas por prazo de execução.

Figura 72 – Gráfico com as despesas por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.2. Sistema de Esgotamento Sanitário - SES

No município de Antônio Carlos, de acordo com o Diagnóstico realizado, constatou-se a ausência de Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs), o que indica que o esgoto coletado não passa por nenhum processo de tratamento e é descartado diretamente no ambiente. Essa situação ocorre tanto nas áreas onde há rede de coleta de esgoto quanto nas regiões desprovidas desse sistema.

É importante ressaltar que, de acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2021, o município possui uma extensão de rede de coleta de esgoto de aproximadamente 2,0 km.

Em relação à cobertura de coleta de esgoto, o relatório do SNIS aponta que 96,46% da população de Antônio Carlos tem acesso ao sistema de coleta, o que indica que a maior parte dos domicílios está conectada à rede de esgoto. No entanto, é importante observar que até o momento não há disponibilidade de tratamento de esgotos sanitários no município, representando um índice de 0% de cobertura de tratamento de esgoto.

Como consequência, uma parte significativa do esgoto é lançada *in natura* no Rio Bandeirinha, um corpo d'água presente na localidade. Além disso, outra porção do esgoto acaba sendo direcionada para o Córrego Pitangueiras. Em áreas onde não há rede coletora de esgoto, o descarte ocorre diretamente no solo, em galerias pluviais ou por meio de fossas rudimentares.

Desta forma, serão apresentados nos capítulos que se seguem, o volume atual de esgoto gerado pela população do município, a sua carga orgânica e medidas para sanar este problema na área urbana e rural.

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 do Município de Antônio Carlos com a previsão para os próximos vinte anos.

Tabela 12 - Projeção da geração de esgoto doméstico.

Ano	População urbana atendida com abastecimento de água	Volume de água consumido (m³/dia)	Volume de esgoto gerado (m³/dia)
2023	8.275	1.240,24	992,19
2024	8.478	1.270,63	1.016,50
2025	8.685	1.301,76	1.041,40
2026	8.898	1.333,65	1.066,92
2027	9.116	1.366,32	1.093,06

2028	9.339	1.399,80	1.119,84
2029	9.568	1.434,09	1.147,27
2030	9.803	1.469,23	1.175,38
2031	10.043	1.505,23	1.204,18
2032	10.289	1.542,10	1.233,68
2033	10.541	1.579,88	1.263,91
2034	10.799	1.618,59	1.294,87
2035	11.064	1.658,25	1.326,60
2036	11.335	1.698,87	1.359,10
2037	11.613	1.740,50	1.392,40
2038	11.897	1.783,14	1.426,51
2039	12.189	1.826,83	1.461,46
2040	12.487	1.871,58	1.497,27
2041	12.793	1.917,44	1.533,95
2042	13.107	1.964,41	1.571,53

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 formula.

$$E = \frac{Co - Ce}{Co}\ .100$$

Sendo:

E: eficiência de remoção (%);

Co: concentração afluente do poluente (mg/L);

Ce: concentração efluentes do poluente (mg/L);

3.2.2.1. 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 de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo 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.

A tabela a seguir apresenta as cargas orgânicas (DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio) previstas para o período de vigência do Plano Municipal de Saneamento Básico, referentes ao município de Antônio Carlos. Essas projeções são baseadas na suposição de que nos próximos vinte anos não serão implementados sistema de tratamento de esgoto no município.

Tabela 13 - Valores de cargas orgânicas de DBO.

Ano	População Urbana Atendida com Coleta de Esgoto	Carga Orgânica (Kg de DBO/dia)
2023	7.172	387,29
2024	7.347	396,74
2025	7.527	406,46
2026	7.712	416,45
2027	7.901	426,65
2028	8.094	437,08
2029	8.292	447,77
2030	8.496	458,78
2031	8.704	470,02
2032	8.917	481,52
2033	9.135	493,29
2034	9.359	505,39
2035	9.589	517,81
2036	9.823	530,44
2037	10.064	543,46
2038	10.311	556,79
2039	10.563	570,40

2040	10.822	584,39
2041	11.087	598,70
2042	11.359	613,39

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.2.2.2. 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 apresenta na tabela abaixo, foi considerada a população atendida com coleta de água devido aos dados de esgoto disponíveis no SNIS não serem consistentes.

A seguir são apresentadas as concentrações estimadas para os coliformes termotolerantes ao longo do período do estudo.

Tabela 14 - Valores de Coliformes Termotolerantes.

Ano	População urbana atendida	Termotolerantes (org./dia)
2023	7.172	7,17E+13
2024	7.347	7,35E+13
2025	7.527	7,53E+13
2026	7.712	7,71E+13
2027	7.901	7,90E+13
2028	8.094	8,09E+13
2029	8.292	8,29E+13
2030	8.496	8,50E+13
2031	8.704	8,70E+13
2032	8.917	8,92E+13
2033	9.135	9,14E+13

2034	9.359	9,36E+13
2035	9.589	9,59E+13
2036	9.823	9,82E+13
2037	10.064	1,01E+14
2038	10.311	1,03E+14
2039	10.563	1,06E+14
2040	10.822	1,08E+14
2041	11.087	1,11E+14
2042	11.359	1,14E+14

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

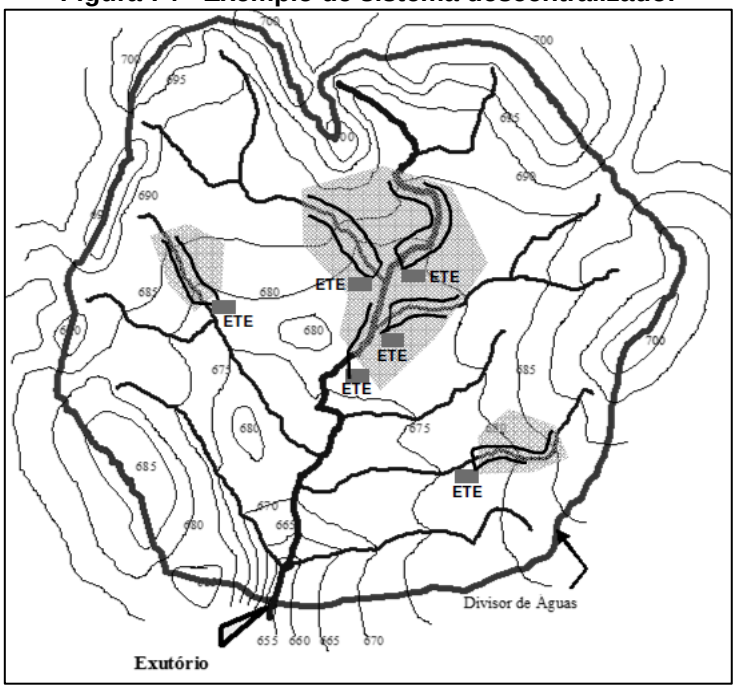
3.2.3. Comparação das Alternativas de Tratamento dos Esgotos

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 73 - Exemplo de sistema e convencional.

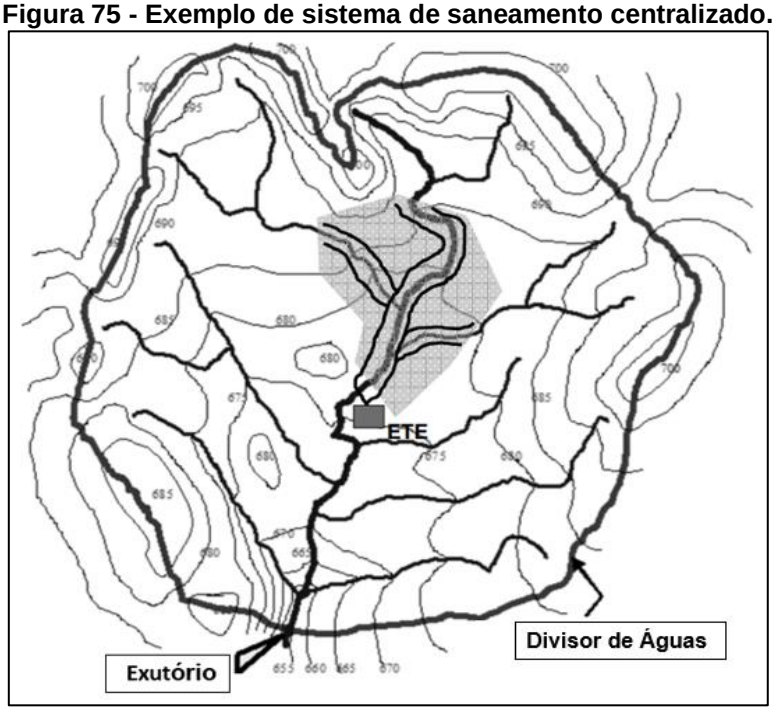
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 74 - Exemplo de sistema descentralizado.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 75 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Diante da situação em Antônio Carlos, é evidente que a alternativa técnica necessária para abordar os desafios do saneamento é a implantação de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE). Essa solução é fundamental para

garantir o tratamento adequado dos efluentes e reduzir o impacto ambiental decorrente do manejo inadequado desses resíduos.

A implantação da ETE permitirá o tratamento eficiente do esgoto coletado no município, visando à remoção de substâncias poluentes e à melhoria da qualidade da água antes do seu descarte no meio ambiente.

Além da implantação da ETE, é necessário que haja uma ampliação da rede de coleta de esgoto de acordo com a demanda atual e futura. Isso envolve a expansão dos sistemas de coleta para alcançar áreas atualmente desatendidas, bem como a adequação da infraestrutura existente para garantir a cobertura total do município.

A implantação de uma ETE, a expansão da rede de coleta e a garantia de uma operação e manutenção economicamente sustentáveis são medidas essenciais para atender à legislação vigente, reduzir o impacto ambiental e promover a melhoria do saneamento básico em Antônio Carlos. Essas ações contribuirão para a preservação do meio ambiente, a saúde pública e o bem-estar da população local.

3.2.4. Definição 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:

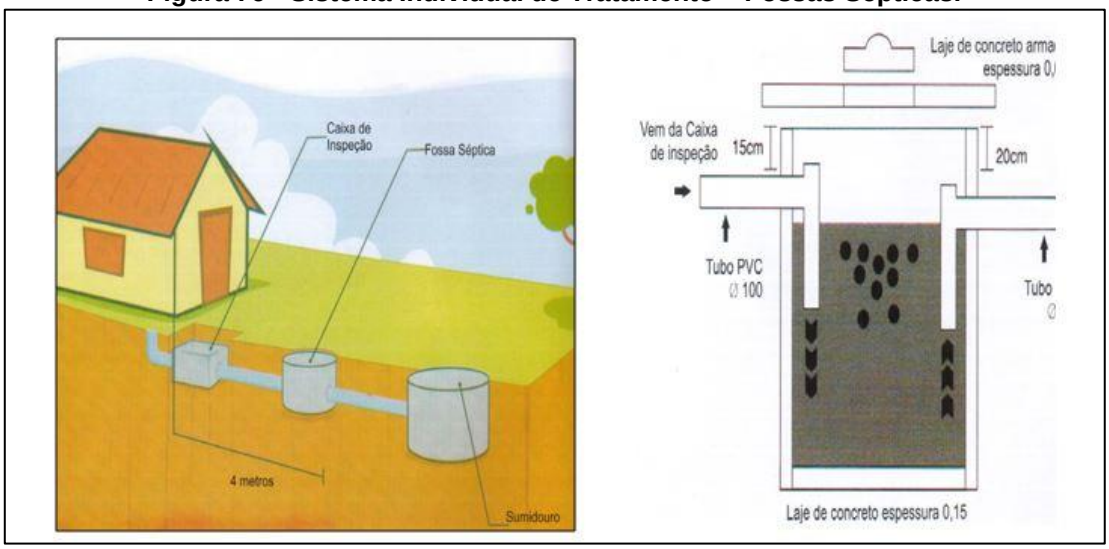
- Separação gravitacional da escuma e dos sólidos, em relação ao líquido afluente, vindo os sólidos a se constituir em lodo;
- Digestão anaeróbia e liquefação parcial do lodo;
- Armazenamento do lodo.

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 76 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas.



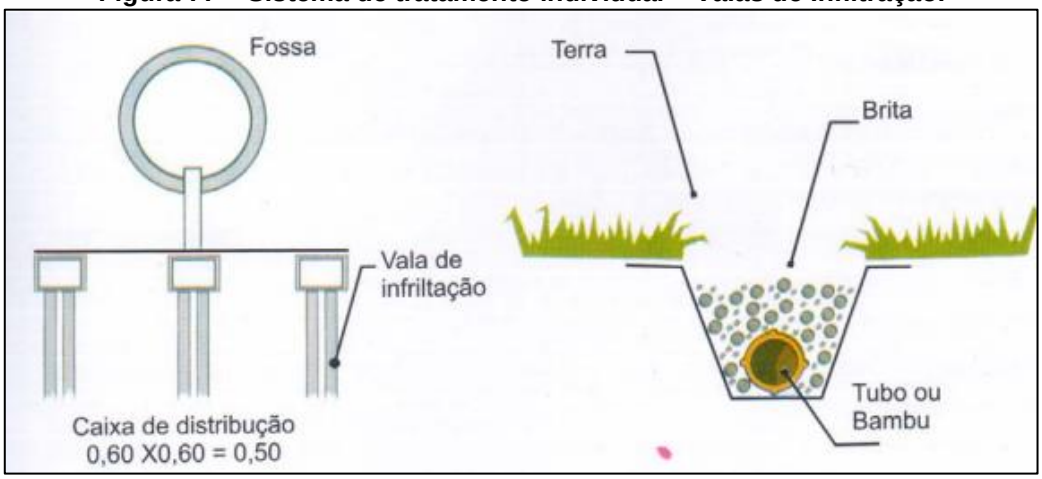
Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 77 – Sistema de tratamento individual – Valas de Infiltração.



Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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.

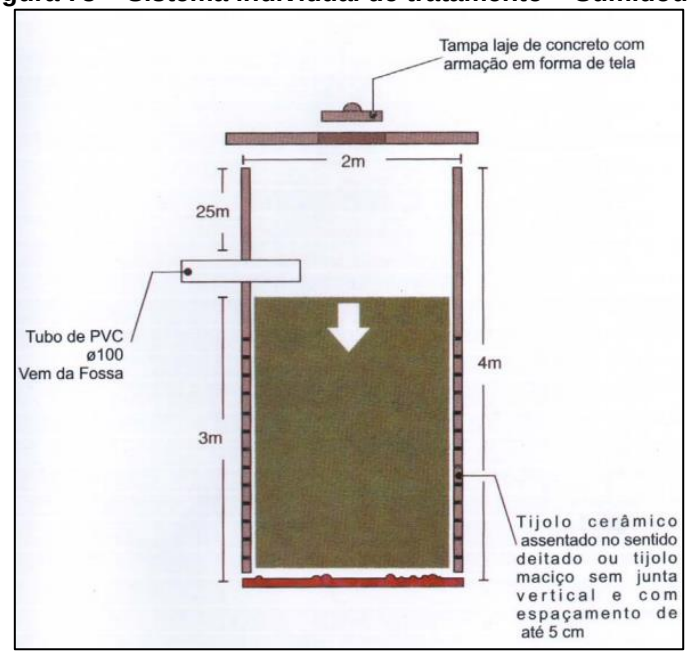
Os sumidouros podem ser construídos de tijolo maciço ou blocos de concreto ou ainda com anéis pré-moldados de concreto. A construção de um sumidouro começa pela escavação de buraco, a cerca de três metros da fossa séptica e um nível um pouco mais baixo, para facilitar o escoamento dos efluentes por gravidade. 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 78 – Sistema individual de tratamento – Sumidouro.



Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 79 – Estação Compacta de Tratamento de Esgotos Sanitários.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de cidades, 2023.

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 as comunidades rurais de Antônio Carlos, 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.

3.2.5.1. 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 negras para forma

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.

3.2.5.1.1. 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.

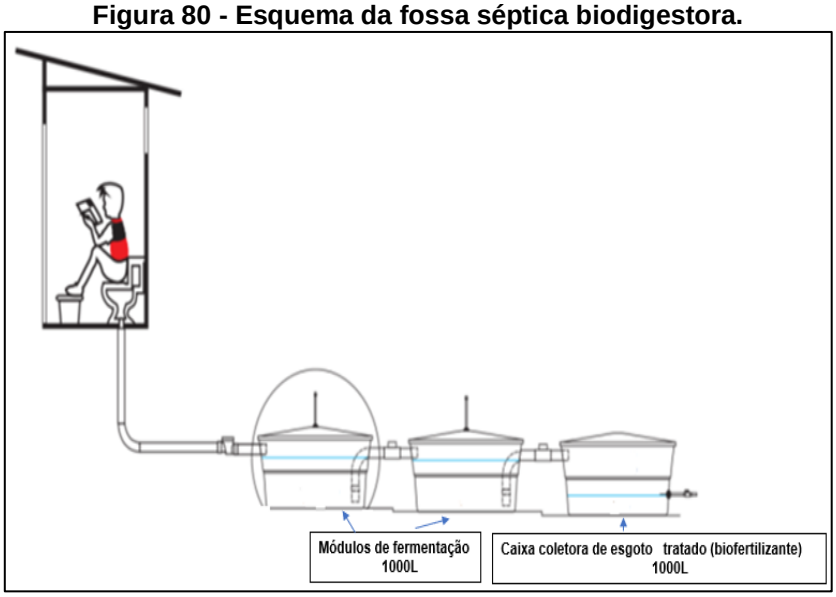
Todo esse processo é realizado naturalmente, sem o uso de energia elétrica, aplicando-se no início uma mistura de cinco litros de esterco bovino fresco e cinco litros de água, uma vez por mês. As fezes dos ruminantes contêm uma seleção de bactérias que aumentam a eficiência, potencializam o tratamento 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 biodigestora.

Figura 80 - Esquema da fossa séptica biodigestora.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os aspectos construtivos e de funcionamento do sistema são simples, deve-se ter três caixas de 1000L e tubulações de 100 mm, instrumentos para a vedação e conexões. As figuras abaixo mostram um exemplo de fossa biodigestora.

Figura 81 - Exemplo de instalação da fossa biodigestor.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

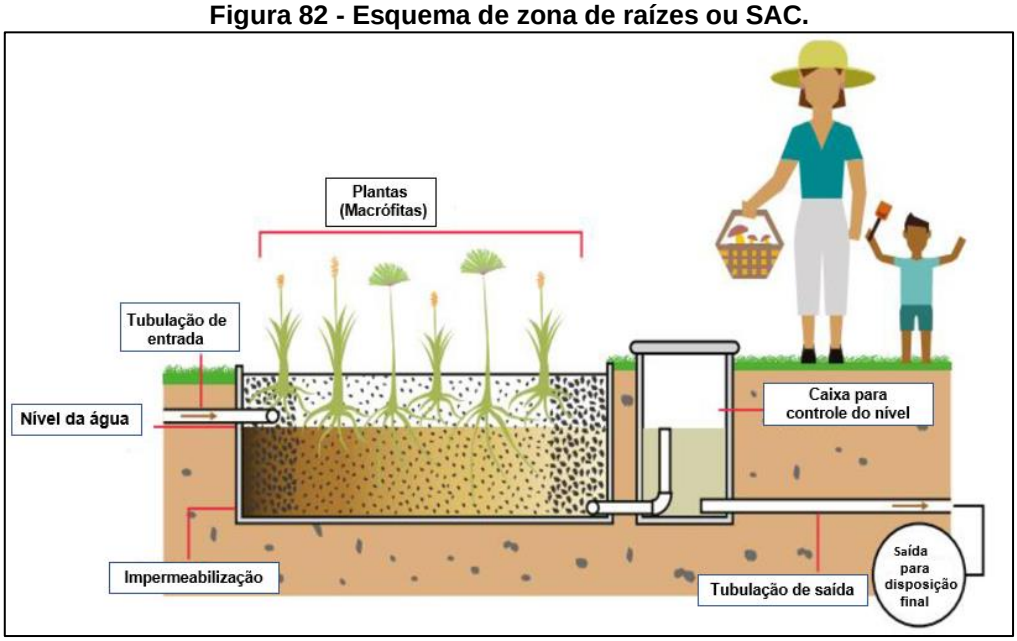
3.2.5.1.2. Sistema de Zona de Raízes

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 82 - Esquema de zona de raízes ou SAC.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 83 - Exemplos de zonas de raízes e mecanismos de controle de PVC.

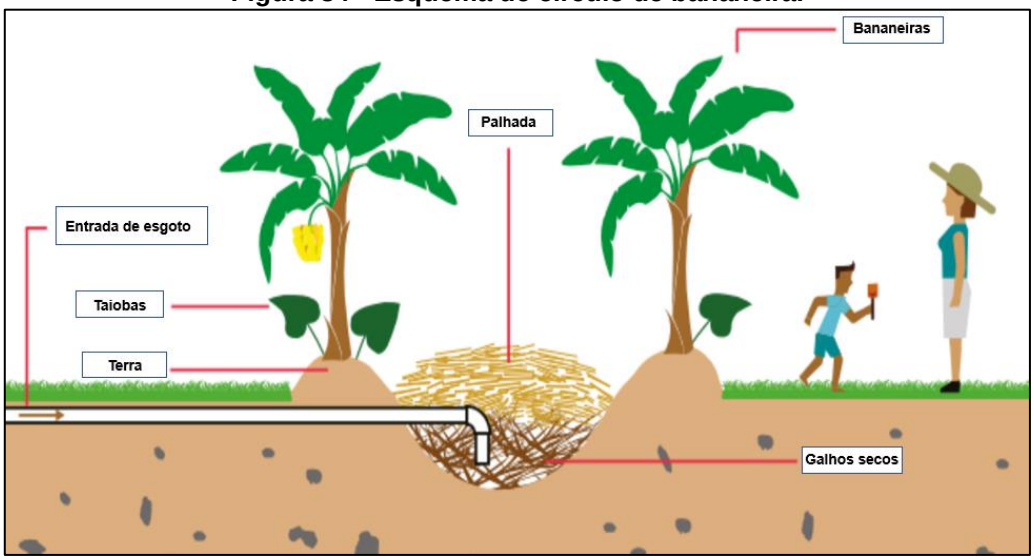
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.2.5.1.3. 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 84 - Esquema de círculo de bananeira.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 85 - Exemplo de círculo de bananeira.

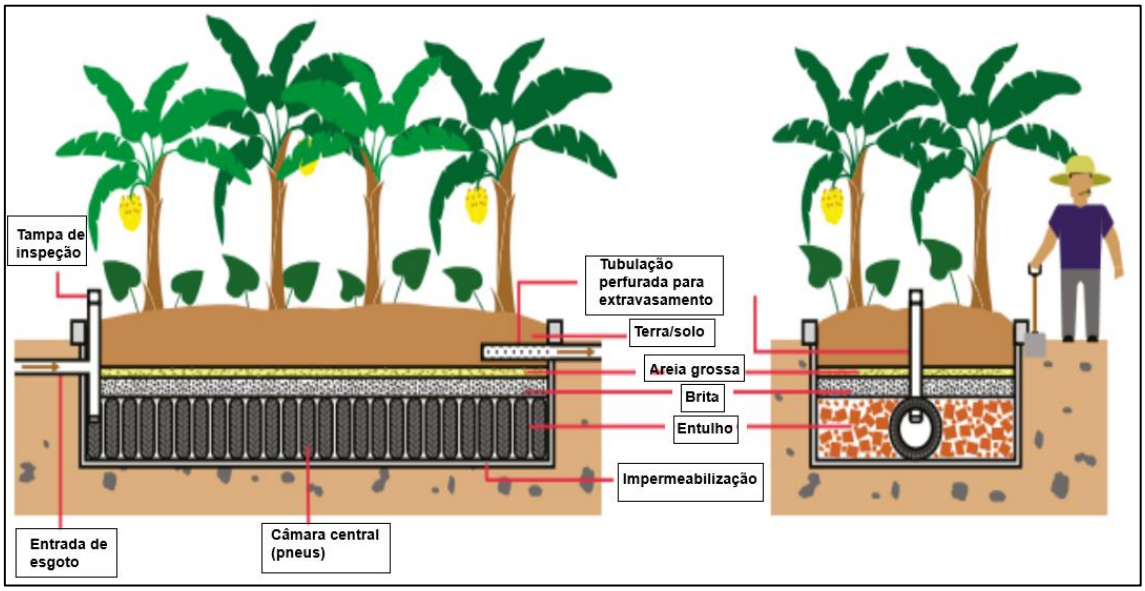
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.2.5.1.4. 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 86 - Esquema de BET.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 87 - Exemplo de BET ou fossa verde.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.2.5.2. 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, abaixo seguem alguns parâmetros técnicos que auxiliam na escolha da melhor área para a construção de uma futura estação de tratamento de esgoto no município de Antônio Carlos.

- 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.

3.2.6. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Esgotamento Sanitário

Caso o município de Antônio Carlos opte por implementar um sistema de tratamento de esgoto nos próximos vinte anos para atender a área urbana, é importante considerar as ações de emergência e contingência relacionadas a esse sistema.

Vale ressaltar que, embora o município não possua atualmente uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para tratar o esgoto coletado na área urbana, algumas das medidas de emergência e contingência mencionadas a seguir já podem ser aplicadas, pois algumas delas são específicas para a rede coletora.

Desta forma, quando há um extravasamento de esgoto nas unidades do sistema e anormalidades no funcionamento das estações de tratamento de esgoto, causando 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 15 - Ações de emergência e contingência para o extravasamento de esgoto em estações elevatórias.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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, 2023.

Tabela 16 - Ações de emergência e contingência para o rompimento de linhas de recalque, coletores, interceptores e emissários.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO
OBJETIVO	2	ALTERNATIVAS PARA CONTROLAR O ROMPIMENTO EM PONTOS DO SISTEMA DE COLETA DE ESGOTO (após a implantação dos mesmos)
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, 2023.

Tabela 17 - Ações de emergência e contingência para ocorrência de retorno de esgoto em imóveis.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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 prestadora.
		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 e à Secretaria Municipal de Obras.
		Comunicar a prestadora.
		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, 2023.

Tabela 18 - Ações de emergência e contingencia para vazamentos e contaminação de solo, curso hídrico ou lençol freático por fossas.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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.	Rompimento, extravasamento, vazamento e/ou infiltração de esgoto bruto por ineficiência de fossas.	Comunicar a prestadora e 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 negras 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 negras 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, 2023.

3.2.7. 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 Antônio Carlos 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 do Município de Antônio Carlos.

3.2.7.1. 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 realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação

Tabela 19 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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 em Antônio Carlos relacionado as questões do esgotamento sanitário do município. 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 macro medidor, 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.	3) Manter o programa de Educação Ambiental	4) 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, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.2.7.2. Objetivo 2 – Ampliar e Aprimorar o Sistema de Esgotamento Sanitário

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 2, suas metas de curto, médio e longo prazo, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 20 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO						
SETOR	**2**	**ESGOTAMENTO SANITÁRIO**				
OBJETIVO	**2**	**AMPLIAR E APRIMORAR O SISTEMA URBANO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**				
FUNDAMENTAÇÃO		Analisando todos os dados sobre o sistema de esgotamento sanitário, concluiu-se que Antônio Carlos, por meio dos serviços prestados, não atende toda a população urbana com sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgotos. Considera-se dessa forma, que as residências que não estão interligadas a rede coletora, utilizam sistemas individuais, mais precisamente as fossas, que não dispõem de nenhum tipo de tratamento. Considerando a população urbana e rural, constata-se a necessidade de prever a implantação do sistema para atender a demanda atual e a futura. Para isso, o sistema deverá atingir aproximadamente 11.359 habitantes até o ano de 2042, ou seja, o sistema deverá ser ampliado para atender 100% da população urbana o que representa uma necessidade significativa de investimentos. Além disto, há necessidade de manutenção da rede coletora existente, evitando a perda de eficiência do sistema atual.				
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) Implementação do Programa de Educação Ambiental. 2) Elaboração de projetos para a criação do SES e ETE. 3) Execução dos Projetos de ampliação do SES para toda a população urbana.		4) Implantação de Estação de Tratamento de Esgoto. 5) Execução das obras visando a manutenção e ampliação do SES para o atendimento de toda a população estimada, com base no estudo populacional. 6) Manter a universalização do serviço de coleta e tratamento dos esgotos domésticos.			7) 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	Elaborar projeto de esgotamento sanitário para a area urbana do município, considerando a demanda atual e futura (dando condições para que os novos loteamentos tenham o esgoto coletado de forma imediata).	R$ 103.450,96			RP - FPU - FPR	Estimativa para elaboração de projeto = 3% do valor da execução da obra

2.2.2	Implantação de linhas de recalque e coletores tronco		R$ 405.741,60		RP - FPU FPR	Estimativa para execução de projetos e obras SES = R$/m124,08
2.2.3	Executar projeto da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) com capacidade para atender toda a população atual e futura estimada para todo o horizonte de projeto.		R$ 3.448.365,22		RP - FPU - FPR	Estimativa para execução de projetos e obras ETE = R$ 303,58 x Habitante
2.2.4	Manutenção da infraestrutura para o sistema de coleta e tratamento do esgoto doméstico para que toda a população da área urbana seja atendida com eficácia no município.		R$ 1.411.200,00	R$ 5.153.400,00	RP - FPU - FPR	Estimativa para manutenção e obras SES = R$ 1800 x Habitante
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 103.450,96**	**R$ 5.265.306,82**	**R$ 5.153.400,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 10.522.157,78**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.2.7.1. Objetivo 3 – Ampliar e Aprimorar os Sistemas Rurais de Esgotamento Sanitário

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 realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 21 - Tabela Síntese do Objetivo 3.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	**2**	**ESGOTAMENTO SANITÁRIO**
OBJETIVO	**3**	**AMPLIAR E APRIMORAR OS SISTEMAS RURAIS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**
FUNDAMENTAÇÃO		Garantir meios adequados para atendimento da população rural dispersa é uma das diretrizes da Política de Saneamento Básico, as soluções individuais não constituem serviço público de saneamento. Antônio Carlos possui atualmente cerca de 4.471 habitantes na área rural (aproximadamente 38,98% da população total do município). Dessa forma, o Município deve criar mecanismos de assistência para maior controle da qualidade dos sistemas individuais de esgotamento sanitário. Além disso, devem ser fiscalizados os estabelecimentos rurais que gerem efluentes não domésticos, criando diretrizes que os obriguem a implantar soluções eficazes de tratamento.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação da implementação do programa.

METAS		
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS	**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**	**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**
1) Cadastrar e regularizar 20% das soluções individuais até o 4º ano de implementação; 2) Criar programa de assistência a população para construção adequada SIES; 3) Adotar exigências legais para implantação dos SIES e ampliar a fiscalização.	4) Cadastrar e regularizar 40% das soluções individuais; 5) Monitorar a situação das soluções individuais.	6) Cadastrar e regularizar 40% das soluções individuais; 7) Monitorar a situação das soluções individuais.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
2.2.1	Realizar o mapeamento das propriedades com fossas inadequadas	R$ 31.200,00	-	-	AA - RP	2 Estagiários R$1300,00 cada (curto), ação administrativa para manutenção a médio e longo prazo

2.2.2	Criar e implantar programa de assistência aos sistemas individuais de esgotamento sanitário, adotados como solução na zona rural, a fim de orientar quanto a construção e manutenção dos mesmos minimizando o risco de contaminação ambiental.	R$ 550.000,00	R$ 550.000,00	R$ 1.200.000,00	AA - RP	Média do custo e execução dos serviços
2.2.3	Criar exigência legal de implantação de sistemas de tratamento individual para efluentes não domésticos, criando sistema eficiente de fiscalização dos estabelecimentos geradores, a fim de minimizar o risco de contaminação ambiental.	R$ 50.000,00	R$ 40.000,00	R$ 120.000,00	AA - RP	1º ano 20.000+ 10 mil/ano
2.2.4	Monitorar a situação das soluções individuais	R$ 100.800,00	R$ 100.800,00	R$ 302.400,00	AA - RP	1 Fiscal Ambiental da Prefeitura - R$2.100 / mês
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 732.000,00**	**R$ 690.800,00**	**R$ 1.622.400,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 3.045.200,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.2.1. Análise Econômica

A tabela síntese a seguir mostra os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

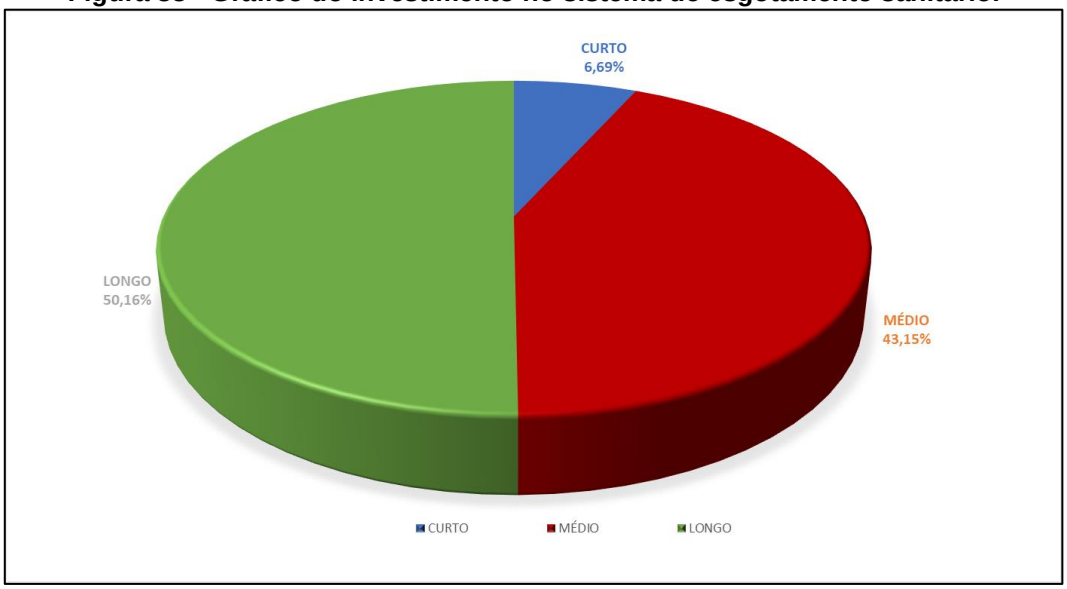
Tabela 22 - Analise de Investimento de Esgotamento Sanitário.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO			
CUSTOS DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO X CUSTOS DE INVESTIMENTO PARA UNIVERSALIZAÇÃO					
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**
IMPLANTAR O SISTEMA COLETIVO DE COLETA E TRATAMENTO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO E ATINGIR SUA UNIVERSALIZAÇÃO PARA POPULAÇÃO URBANA.		R$ 103.450,96	R$ 5.265.306,82	R$ 5.153.400,00	**R$ 10.522.157,78**
CONTROLE DE SISTEMAS INDIVIDUAIS PARA ESGOTAMENTO SANITÁRIO		R$ 732.000,00	R$ 690.800,00	R$ 1.622.400,00	**R$ 3.045.200,00**
TOTAL GERAL		**R$ 935.450,96**	**R$ 6.036.106,82**	**R$ 7.015.800,00**	**R$ 13.987.357,78**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A figura abaixo mostra o gráfico com a porcentagem de despesas por prazo de execução.

Figura 88 - Gráfico do investimento no sistema de esgotamento sanitário.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.3. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

3.3.1. Estimar a produção de lixo e percentuais de atendimento pelo sistema de limpeza urbana, com base nos resultados dos estudos demográficos

Atualmente o município de Antônio Carlos conta com geração *per capta* de resíduos sólidos domésticos (RDO + RPU) em relação à população urbana de 0,62 kg/hab./dia de acordo com o SNIS 2021. Em concordância com o Diagnostico Participativo toda a área urbana é atendida pelo sistema de limpeza urbana, sendo que a coleta de resíduos sólidos domésticos ocorre regularmente de acordo com cronograma estabelecido a limpeza pública (poda, roçagem, limpeza de bueiros, etc.) acontece sob demanda de ocorrência. Para a projeção de 20 anos (2023 a 2042) este percentual de atendimento foi mantido, considerando que estes serviços continuarão existindo e serão ampliados de acordo com a crescente demanda.

A estimativa de geração dos resíduos sólidos na área urbana de Antônio Carlos foi elaborada de acordo com a projeção populacional prevista no Diagnóstico Participativo. 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 0,62 para 0,81 kg/hab./dia.

Observa-se na tabela a seguir que a população urbana de Antônio Carlos terá um acréscimo de 58% em 20 anos, passando a ter 13.107 habitantes. Concomitantemente ao aumento da população a quantidade de resíduos gerados também será maior no final do período avaliado, sendo 48% maior em 2042.

Tabela 23 – Projeção da produção de lixo e percentuais de atendimento pelo sistema de limpeza pública no Município de Antônio Carlos.

Ano	População Urbana (hab.)	Percentuais atendimento pelo sistema de limpeza urbana (*)	Geração *Per Capta* (kg/hab./dia)	Total (ton/ano)
2023	8.275	100	0,62	1.874
2024	8.478	100	0,63	1.950
2025	8.685	100	0,64	2.030
2026	8.898	100	0,65	2.112
2027	9.116	100	0,66	2.197
2028	9.339	100	0,67	2.285
2029	9.568	100	0,68	2.376
2030	9.803	100	0,69	2.470
2031	10.043	100	0,70	2.567
2032	10.289	100	0,71	2.668
2033	10.541	100	0,72	2.772
2034	10.799	100	0,73	2.879
2035	11.064	100	0,74	2.987
2036	11.335	100	0,75	3.104
2037	11.613	100	0,76	3.223
2038	11.897	100	0,77	3.346
2039	12.189	100	0,78	3.472
2040	12.487	100	0,79	3.603
2041	12.793	100	0,80	3.737
2042	13.107	100	0,81	3.877

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A falta de um local público ambientalmente licenciado para a deposição dos RDO no município de Antônio Carlos, tem levado a administração pública local a adotar medidas para a destinação adequada desses resíduos. Atualmente, todo o resíduo urbano coletado é encaminhado para uma área de transbordo, de onde é enviado para um aterro sanitário particular situado na cidade de Juiz de Fora, a uma distância de 114 km.

Essa prática tem gerado um alto custo para o município, já que a destinação dos resíduos a um aterro sanitário particular implica em despesas com transportes, taxas e tarifas, além de sanções ambientais. Ademais, o

aumento da quantidade de RDO gerados no município reforça a necessidade de se buscar novas alternativas para a destinação desses resíduos.

Para que os custos atuais com a disposição dos resíduos sejam reduzidos, deve ser analisada a formação de um consórcio com municípios vizinhos para que seja encontrada e licenciada uma área técnica e ambientalmente adequada. Esta alternativa também deve ser economicamente viável para o município de Antônio Carlos. Mais à frente neste capitulo são propostas áreas com estas características dentro do limite municipal.

1.1 Elaborar planilha com estimativas anuais dos volumes de produção de resíduos sólidos classificados em (i) total, (ii) reciclado, (iii) compostado e (iv) aterrado, plotando os valores em gráficos

Para a projeção do volume de geração anual foi utilizado na mesma o estudo demográfico do Diagnostico Participativo e considerado 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 24 – Estimava da geração e disposição dos resíduos reciclados, compostados e aterrados.

Ano	População Urbana (hab.)	Geração *Per Capta* (kg/hab./dia)	Total (ton/ano)	Reciclado (ton/ano)	Compostado (ton/ano)	Aterrado (ton/ano)
2023	8.275	0,62	1.874	561,82	1.136,39	175,79
2024	8.478	0,63	1.950	584,61	1.182,48	182,91
2025	8.685	0,64	2.030	608,59	1.230,99	190,42
2026	8.898	0,65	2.112	633,18	1.280,72	198,10
2027	9.116	0,66	2.197	658,66	1.332,26	206,08
2028	9.339	0,67	2.285	685,04	1.385,62	214,34
2029	9.568	0,68	2.376	712,32	1.440,81	222,87
2030	9.803	0,69	2.470	740,51	1.497,81	231,68
2031	10.043	0,70	2.567	769,59	1.556,63	240,78
2033	10.289	0,71	2.668	799,87	1.617,87	250,26

2033	10.541	0,72	2.772	831,04	1.680,94	260,02
2034	10.799	0,73	2.879	863,12	1.745,82	270,06
2035	11.064	0,74	2.987	895,50	1.811,32	280,18
2036	11.335	0,75	3.104	930,58	1.882,26	291,16
2037	11.613	0,76	3.223	966,25	1.954,43	302,32
2038	11.897	0,77	3.346	1.003,13	2.029,01	313,86
2039	12.189	0,78	3.472	1.040,90	2.105,42	325,68
2040	12.487	0,79	3.603	1.080,18	2.184,86	337,96
2041	12.793	0,80	3.737	1.120,35	2.266,12	350,53
2042	13.107	0,81	3.877	1.162,32	2.351,01	363,67

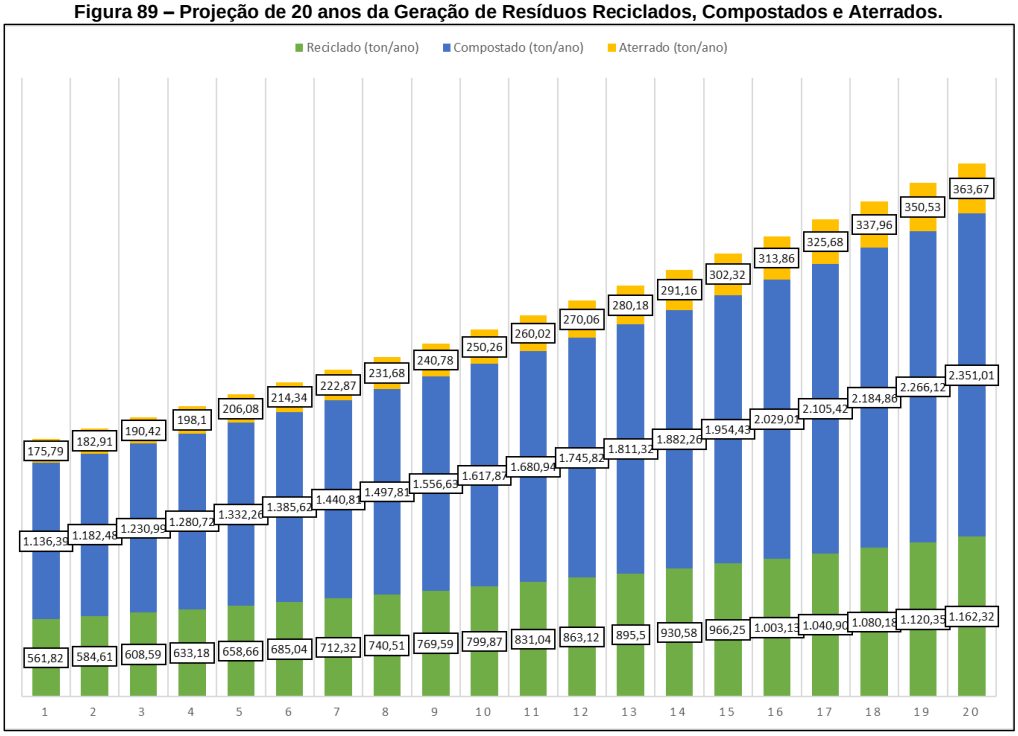
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Observa-se na tabela anterior que há um aumento gradual na geração do município nos próximos 20 anos consequência do crescimento da população urbana e da geração *per capta*. Considerando que o panorama da gestão dos resíduos não seja alterado, ou seja, não sejam implementadas novas soluções para os RDO de Antônio Carlos, o volume de resíduos enviados para o aterro sanitário passará de 1.874 ton/ano para 3.877 ton/ano, sendo os resíduos recicláveis e compostáveis os representantes mais expressivos deste volume. Esta projeção também é apresentada na Figura abaixo.

Ao avaliar esta projeção percebe-se que a falta de gestão e destinação adequada dos resíduos recicláveis e compostáveis, que já possuem alternativas técnicas viáveis ao aterramento, impacta negativamente o volume enviado e os custos anuais do município de Antônio Carlos com o aterro sanitário particular.

É fundamental que o município implante e gerencie um sistema de coleta seletiva efetivo para os resíduos recicláveis e compostáveis, que tenha o apoio e o auxílio consciente da população para que estes custos sejam menores no decorrer dos próximos anos. As alternativas técnicas para cada tipo de resíduo gerado serão apresentadas mais à frente no capitulo reservado a este assunto.

Figura 89 – Projeção de 20 anos da Geração de Resíduos Reciclados, Compostados e Aterrados.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.3.1.1. Formas de coleta e transporte dos resíduos, com a incorporação dos conceitos de minimização na fonte, visando o conceito de gerenciamento sustentável

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 e, aumentando também a vida útil do aterro sanitário que será utilizado para receber os resíduos domésticos gerados em Antônio Carlos.

No caso dos resíduos orgânicos pode-se adotar a prática da compostagem, resultando novamente no aumento da vida útil do aterro sanitário escolhido. 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 PMSB de Antônio Carlos traz também recomendações para que todo o sistema em questão seja executado de maneira eficiente, atendendo o que está disposto em Leis e Normas.

Na questão dos resíduos recicláveis será apresentado neste trabalho propostas de melhorias para alcançar o maior número de pessoas atendidas possíveis. Pois, de acordo com informações presentes no Diagnóstico Técnico, não há coleta seletiva em Antônio Carlos, sendo necessário então, que se implemente e intensifique os meios de divulgação da coleta seletiva para a população, convidando-as para participar do programa. Além, de se reavaliar também quantidade e os locais onde serão instalados os LEVs – Locais de Entrega Voluntária.

Contudo, com o intuito de apresentar um cenário de referência buscando a universalização dos serviços para os Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos no Município de Antônio Carlos, 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.

3.3.1.2. 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° 13.463/95 – Coleta de Resíduos Sólidos e, a ABNT NBR n° 12.980/93 – 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.

Sendo assim, o Município de Antônio Carlos atualmente atende 100% da população urbana com a coleta convencional de resíduos sólidos domiciliares, sendo a Prefeitura a responsável pelo manejo dos resíduos do município. A coleta convencional dos resíduos sólidos ocorre em toda a área urbana, abrangendo os estabelecimentos residenciais, públicos e o comercio em geral.

Em relação a área rural do município pode-se criar áreas de transbordo ao longo de áreas estratégicas para que esta população rural não atendida deposite o seu resíduo uma vez por semana ou quinzenalmente. Facilitando desta forma, o recolhimento destes resíduos pela coleta pública.

Para a realização destes serviços são utilizados os recursos próprios da Prefeitura, porém, o sistema é deficitário, como já demonstrado no Diagnóstico Técnico. No contexto da gestão de resíduos urbanos, um dos desafios enfrentados pelos municípios é a necessidade de reduzir os custos associados com à coleta e destinação desses resíduos.

Nesse sentido, a otimização do itinerário da coleta realizada pela Prefeitura pode ser uma medida eficaz para alcançar esse objetivo.

Ao se otimizar o itinerário da coleta, evita-se o deslocamento desnecessário dos veículos de coleta, o que reduz o consumo de combustível e, consequentemente, os gastos com esse recurso. É importante ressaltar que a otimização do itinerário da coleta pode contribuir para a preservação do meio ambiente, uma vez que a redução do consumo de combustível implica em uma diminuição das emissões de gases poluentes na atmosfera.

Um aspecto fundamental da otimização do itinerário da coleta é a identificação das áreas com maior geração dos resíduos, o que permite à Prefeitura planejar de forma mais precisa as rotas de coleta. Além disso, a definição de intervalos de tempo maiores para a coleta em áreas com menor

geração de resíduos também pode ser uma medida eficaz para a redução dos custos.

As rotas têm de ser planejadas de modo que as guarnições comecem o trabalho no ponto mais longe do local de destino 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 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, inclusive nos distritos e área rural quando houver.

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. Como relatado no Diagnóstico Técnico, a população de Antônio Carlos atendida pela coleta convencional não possui muitas reclamações sobre este serviço realizado pelo Poder Público.

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 Antônio Carlos deverá também 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 os gestores do Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos Urbano é do condutor do veículo coletor.

Sobre alguns procedimentos da coleta convencional de resíduos sólidos, ressalta-se, que o município os recebe periodicamente, para faturação e controle para a sua gestão, a pesagem dos caminhões coletores que transportam e descarregam os resíduos coletados no aterro sanitário particular.

O Plano de Gestão dos Resíduos Sólidos – 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.

3.3.1.3. 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 Antônio Carlos, mais precisamente da equipe de coleta convencional de resíduos sólidos.

Nos quesitos de segurança, saúde e higiene destes colaboradores as determinações são definidas pela Norma Regulamentadora – NR 24 – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho e, pela Portaria SIT n° 588/17 – Norma Regulamentadora Referente às Atividades de Limpeza Urbana.

Tanto a NR 24 quanto a Portaria SIT n° 588/17, estabelecem 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. A Portaria SIT n° 588/17, considera em seu item 1.2 e 1.3 limpeza urbana como:

> "atividades que envolvem a coleta de resíduos sólidos, varrição, transbordo, manutenção de áreas verdes, tratamento de resíduos, ponto de recolhimento de resíduos (ecoponto), triagem de recicláveis e destinação final, a partir da sua produção e disposição para recolhimento ao ponto de destino"

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 e a Portaria SIT n° 588/17, 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 e Portaria determinam 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 do caminhão coletor antes do 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 25 - Treinamentos para os colaboradores do serviço de limpeza pública e manejo de 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.
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	A Portaria SIT n°588/2017 – 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
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
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
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

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A Portaria SIT n° 588/2017, 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 utilização dos EPI – Equipamento de Proteção Individual, deve ser amplamente incentivada, divulgada e fiscalizada. A fiscalização deve ocorrer de ambas as partes, pela Prefeitura de Antônio Carlos e pelos próprios trabalhadores.

A fiscalização por parte da Prefeitura deve ser em relação ao uso correto do EPI adequado pelo trabalhador, não autorizando a realização de seu trabalho sem a utilização do mesmo. Do outro lado o trabalhador deve exigir da Prefeitura EPI 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 tabela abaixo mostra quais são os EPIs necessários para o uso dos

colaboradores do sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e de saúde determinados pela ABNT NBR n° 12.980/1993.

Tabela 26 - Equipamento de segurança mínimo.

Traje adequado para o *coletor de lixo* formado de:
a) luva de raspa de couro;
b) calçado com solado antiderrapante, tipo tênis;
c) colete refletor para coleta noturna;
d) camisa de brim ou camiseta, nas cores amarela, laranja ou vermelha;
e) calça comprida de brim;
f) boné de brim, tipo jóquei;
g) capa de chuva, tipo morcego.
Traje adequado para o para *coletor de resíduos de serviços de saúde e resíduos com riscos para saúde* formado de:
a) luva de borracha grossa branca, de punho médio;
b) bota de borracha de meio cano branca, antiderrapante;
c) camisa e calça de brim, na cor branca;
d) boné de brim na cor branca, tipo jóquei.
Traje adequado para o *motorista* formado de:
a) calçado com solado de borracha, antiderrapante;
b) blusa de brim;
c) calça comprida de brim.

Fonte: ABNT NBR n° 12.980/93. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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.

3.3.1.4. Regularidade, Frequência e Setorização da Coleta

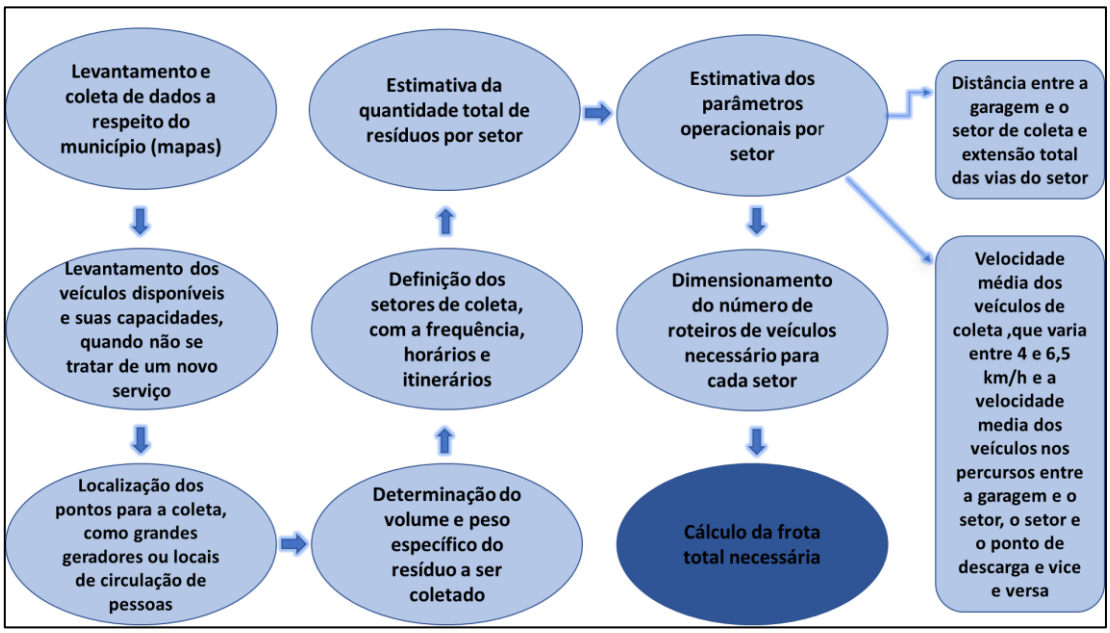
A coleta dos resíduos sólidos domiciliares, comerciais e de prestadores de serviços deve ocorrer em cada imóvel, sempre nos mesmos dias e horários estipulados, garantindo a eficiência do sistema como já dito em capítulos anteriores.

Desta forma, por se localizarem em regiões tropicais os municípios brasileiros não devem acondicionar os resíduos por longos períodos de tempo. Como as regiões tropicais são caracterizadas por estações quentes e chuvosas estima-se, que todo o processo de coleta e destinação final dos resíduos sólidos não deve ultrapassar a marca de cinco dias. Isto ocorre, pois, conforme a temperatura aumenta, o processo de decomposição é acelerado, ocasionando a 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 existente, 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. 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 90 - Fluxograma das etapas mínimas do dimensionamento da coleta convencional.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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, e uma vez por semana na área rural, incluindo os distritos e assentamentos.

A coleta em núcleos distantes da área rural deverá ser feita preferencialmente por meio de áreas de transbordo. Caso seja constatada inviabilidade financeira da coleta com frequência semanal na área rural, está poderá ser quinzenal, desde que sejam adotados os procedimentos corretos para o armazenamento dos resíduos por um maior período de tempo.

Recomenda-se que a coleta no centro 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 27 - Vantagens e desvantagens da coleta convencional noturna de resíduos sólidos.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Causa menores interferência 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, 2023.

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, como já comentado em parágrafos anteriores, economizando com os custos de combustíveis e tempo de coleta.

A tabela abaixo mostra os locais, as frequências e os períodos para a realização da coleta convencional de resíduos sólidos, indicados para o município de Antônio Carlos.

Tabela 28 - Recomendações para a coleta convencional de resíduos sólidos.

LOCAL	FREQUÊNCIA	PERÍODO
Áreas residenciais	Três vezes na semana	Diurno
Área rural	Mínimo Quinzenal	Diurno

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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.

3.3.1.5. 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 e reduz 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 orifícios em sua extremidade inferior, evitando assim, o acúmulo de água da chuva;

- Em caso de bombonas ou containers 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.

A figura abaixo mostra exemplos de recipientes para o acondicionamento temporário de resíduos sólidos domiciliares e comerciais, encontrados em frente aos imóveis de alguns municípios brasileiros.

Figura 91 - Recipientes para o acondicionamento temporário de resíduos sólidos domiciliares e comerciais.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Nos locais onde há grande geração de resíduos sólidos domiciliares como, centros comerciais, condomínios, shoppings centers e hipermercados, 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° 9190/94 – Sacos Plásticos para o Acondicionamento de Lixo – Classificação e a ABNT NBR n° 9191/02 – Sacos Plásticos para o Acondicionamento de Lixo - Requisitos e Métodos de Ensaio, devem ser observadas quando da escolha dos mesmos.

A ABNT NBR n° 9190/94, 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.

3.3.1.6. Veículos para a Coleta Convencional de Resíduos Sólidos Domiciliares

Três tipos de veículos coletores de resíduos sólidos municipais são recomendados pela ABNT NBR n° 13.463/95, 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 92 - Equação para o dimensionamento da frota em cidades de pequeno e médio porte.

$$Nf = \frac{Lc}{Cv \times Nv} \times Fr$$

Fonte: Fundação Nacional de Saúde - Funasa, 2007. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 = $\frac{\text{número de dias de produção de resíduos na semana}}{\text{número de dias efetivamente coletados}}$

Já para o dimensionamento da frota em municípios de grande porte, o cálculo pode ser feito por meio da equação representada na figura abaixo.

Figura 93 - Equação para dimensionamento da frota em cidades de grande porte.

$$Ns = \frac{1}{J}\left\{\left(\frac{L}{Vc}\right) + 2\left(\frac{Dg}{Vt}\right) + 2\left[\left(\frac{Dd}{Vt}\right)\left(\frac{Q}{C}\right)\right]\right\}$$

Fonte: Fundação Nacional de Saúde - Funasa, 2007. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em que:

Ns = quantidade de veículos por setor;

J = duração útil da jornada de trabalho da equipe em horas, desde a saída da garagem até o seu retorno, excluindo intervalo para refeições e outros tempos improdutivos;

L = extensão total das vias (ruas e avenidas) do setor de coleta, em km;

Vc = velocidade média de coleta, em km/h;

Dg = distância entre a garagem e o setor de coleta, em km;

Dd = distância entre o setor de coleta e o ponto de descarga, em km;

Vt = velocidade média do veículo nos percursos de posicionamento e de transferência, em km/h;

Q = quantidade total de resíduos a ser coletada no setor, em ton ou m^3;

C = capacidade dos veículos de coleta, em ton ou m^3.

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.

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 ABNT 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.

3.3.1.7. 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 figura abaixo mostra as cores específicas para cada tipo de resíduo, conforme determinado pela Resolução CONAMA em questão.

Figura 94 - 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, 2023.

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 95 - Recipientes para a coleta seletiva.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Estes coletores deverão estar bem identificados e a Prefeitura 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.

O Município de Antônio Carlos 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 29 - Formas de segregação de resíduos sólidos.

FORMAS DE SEGREGAÇÃO	DEFINIÇÃO	ILUSTRAÇÃO
Coleta Tríplice	Separação entre os resíduos recicláveis secos, recicláveis úmidos (matéria orgânica) e resíduos não 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 não recicláveis.	

Fonte: Imagens de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Sendo assim, todos os parágrafos acima ilustram o sistema da coleta seletiva no Brasil. Percebe-se que dentro das Normas e Legislações específicas há procedimentos inclusive para a classificação de cores e maneiras de alocar os recipientes específicos para a coleta seletiva.

Apresentou-se também neste capítulo que o sistema da coleta seletiva se consolidou no Brasil, pelo menos no campo da organização e da metodologia, o que poderá nortear a implementação do sistema de coleta seletiva no município.

O que realmente falta para que uma quantidade maior de resíduos recicláveis seja aproveitada e que os municípios saltem do campo metodológico e se conduzam para o campo da prática, de uma coleta forte e estruturada até a comercialização dos produtos e gerando renda é a sensibilização das pessoas através da Educação Ambiental.

No município de Antônio Carlos, a implementação de um programa efetivo de coleta seletiva pode ser um importante passo na direção de uma gestão de resíduos mais sustentável. Para isso, é fundamental investir em campanhas de conscientização da população, de forma a estimular a separação correta dos resíduos e a redução do descarte inadequado.

Além disso, é importante expandir a área de coleta seletiva, incluindo não apenas a área urbana, mas também a área rural do município. Isso pode ser alcançado por meio da instalação de áreas de transbordo em pontos estratégicos, de forma a facilitar o transporte dos resíduos coletados para os locais de destinação adequada.

Para implementar essa ampliação da coleta seletiva de forma eficaz, é fundamental realizar um mapeamento das áreas do município com maior potencial de geração de resíduos recicláveis, identificando os tipos de materiais mais comuns e as características da população que vive nessas regiões.

Além disso, é importante investir em infraestrutura adequada para a coleta seletiva, como a instalação de pontos de coleta seletiva em locais de grande circulação, como escolas, hospitais e áreas comerciais. É fundamental também garantir a existência de um sistema eficiente de transporte e destinação dos resíduos coletados, de forma a garantir a efetividade do programa.

3.3.1.8. Formas de Execução da Coleta Seletiva

Abaixo seguem relacionados os modelos mais comuns de execução da coleta seletiva implantados pelos municípios brasileiros.

- Locais de entrega voluntária: os LEVs 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 LEVs 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;
- Coleta seletiva porta-a-porta: esta modalidade geralmente é executada pelo Poder Público, através de caminhões e cronograma específicos, em que o gerador também realiza primeiramente a separação antes de enviar ao caminhão coletor;
- Associações ou Cooperativas de Catadores: este tipo de coleta realizada por organizações legalmente constituídas, abrange as duas modalidades citadas acima, ou seja, as Associações ou Cooperativas de Catadores adquirem seus materiais recicláveis através de recolhimentos porta–a–porta, ou através de parcerias com os responsáveis dos LEVs;

- 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 de cada modelo de execução de coleta seletiva.

Tabela 30 - 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) Altos índices de colaboradores alcoolizados; 5) Presença de exploração da mão de obra infantil; 6) 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, 2023.

Alguns procedimentos e recomendações são necessários para a instalação de LEVs, 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 LEVs ou local de entrega voluntária de resíduos recicláveis.

Figura 96 - Exemplo de local de entrega voluntária de resíduos recicláveis - LEVs.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Complementarmente à coleta seletiva porta a porta, é recomendável que seja instalado no mínimo um LEV ou 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. Aliado a isto, em Antônio Carlos, poderão ser desenvolvidos outros métodos de recolhimento dos materiais recicláveis que

melhor se adéquem as condições e características locais, além dos que já são desenvolvidos na cidade.

3.3.1.9. Veículos utilizados para a Coleta Seletiva

A escolha do veículo coletor deverá considerar as características dos resíduos e a funcionalidade e otimização do sistema, considerando, principalmente, as idiossincrasias dos logradouros dos diferentes setores de coleta. Desta forma, a figura abaixo mostra o tipo de caminhão que pode ser utilizado para a coleta seletiva de Antônio Carlos.

Figura 97 – Tipo de caminhão que pode ser utilizado para a coleta seletiva em Antônio Carlos.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.3.1.10. Guarnição da Coleta de Reciclável

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, ajustando 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, sugere-se que seja estampada a marca ou o símbolo da coleta seletiva do município no uniforme para chamar a atenção da população positivamente para o processo implantado pela municipalidade.

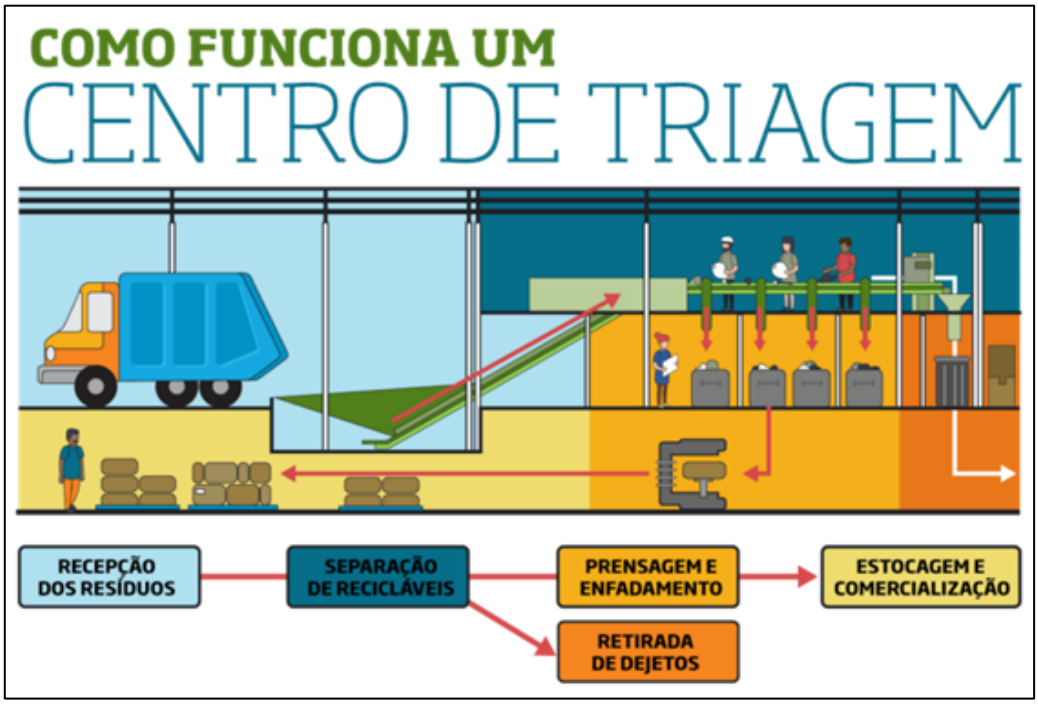
3.3.1.10.1. **Triagem dos Resíduos Recicláveis**

Os Centros de Triagens de Resíduos Sólidos – CTRS, ou, simplesmente Unidades de Triagem, são estabelecimentos devidamente licenciados para onde todos os resíduos da coleta seletiva são encaminhados para segregação e beneficiamento.

Nestes CTRS os resíduos recicláveis recebem tratamento especial, são separados por cada tipologia de resíduo, prensados ou triturados, estocados e posteriormente comercializados, seguindo as diretrizes básicas de manejo de resíduos recicláveis. Os resíduos não recicláveis, sendo estes os rejeitos, serão encaminhados para o aterro sanitário e os resíduos orgânicos serão encaminhados para a compostagem, quando esta modalidade de tratamento estiver operante.

Sendo assim, a disposição incorreta de resíduos recicláveis é explicada pela falta de conhecimento da população sobre a importância das suas ações no sistema de coleta seletiva, onde o habitante munido de poucas informações encaminha para a coleta seletiva, resíduos não recicláveis ou orgânicos, julgando que os mesmos são resíduos recicláveis.

Figura 98 - Funcionamento do CTR.



Fonte: Serviço de Limpeza Pública, SLU. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Sobre a gestão dos CTRS, estes poderão ser de empresas privadas ou públicas, onde em caso de os mesmos pertencerem a empresas públicas, a administração poderá ser através de Associações ou Cooperativas de Catadores.

Entretanto, de acordo com a Lei Estadual nº 18.031/2009, que dispõe sobre à obrigatoriedade de coleta, transporte, tratamento e destinação dos resíduos sólidos e disposição final dos rejeitos provenientes dos Grandes Geradores, a gestão do Centro de Triagem de Resíduos Sólidos – CTRS é de prioridade dos Catadores ou das Associações de materiais recicláveis. Ressalta-se, que o Artigo 39 do Decreto n° 10.936/2022, possibilita a dispensa de licitação em caso de contratação de Associações ou Cooperativas de Catadores para a gestão de CTRS públicas.

Ressalta-se também, que para a implantação de um CTRS é necessário um projeto de engenharia, objetivando a eficiência de segregação dos materiais, assim como, a classe de materiais a serem triados estudando a capacidade de escoamento e o mercado da atividade, garantindo desta maneira, uma sustentabilidade econômico-financeira de todo o processo.

Com todos estes procedimentos citados acima, percebe-se os altos custos que envolvem a implantação de um CTRS. O custo-benefício de todo o processo será mensurado através das entradas dos resíduos sólidos e as saídas dos mesmos para a reciclagem ou disposição final. Desta forma, torna-se necessário o controle periódico de saídas e entradas do processo.

Desta forma, através das metas de recuperação dos materiais recicláveis estabelecidas neste PMSB, o Município de Antônio Carlos deverá realizar um estudo de viabilidade econômico-financeiro, social e ambiental, para a implantação do CTRS, acompanhado do projeto de engenharia com todas as exigências impostas pelo Órgão Ambiental competente.

A capacidade de recebimento deste CTRS deverá ser dimensionada para receber todos os resíduos da coleta seletiva do município. A estrutura operacional deverá comportar todo o sistema por um período de vinte anos, onde este período representa o horizonte deste PMSB.

A unidade deverá ser implantada na área do aterro sanitário, diminuindo os custos com transporte dos resíduos, tornando-o mais viável. Abaixo seguem as recomendações mínimas para a instalação de uma CTRS:

- A unidade deverá ser implantada na área do aterro sanitário;
- O local deverá possuir cobertura e solo impermeável;
- Muros e cercas impedindo a entrada de animais e pessoas não autorizadas;
- Área de descarga;
- Guarita de segurança;
- Balança industrial na entrada e saída;
- Esteiras rolantes e prensas;
- Água encanada e linha telefônica;
- Área administrativa;
- Refeitório, sanitários e área de vivência;
- Sinalizações e demais procedimentos de segurança (luz de emergência, saída de emergência, extintores, alarmes contra incêndios e etc.);
- Baias para o acondicionamento de resíduos não recicláveis.

As recomendações apresentadas neste trabalho são necessárias para que a quantidade de resíduos sólidos destinados a reciclagem seja maior. Desta maneira evita-se o acúmulo de resíduos sólidos em locais inapropriados, diminuindo os custos para a destinação correta e aumentando a vida útil do aterro sanitário utilizado pelo município de Antônio Carlos.

As figuras abaixo mostram um Centro de Triagem de Resíduos Sólidos - CTRS e os seus colaboradores realizando a segregação entre resíduos recicláveis e não recicláveis.

Figura 99 - Centro de Triagem de Resíduos Sólidos - CTRS e segregação de resíduos recicláveis e não recicláveis.

Fonte: Imagem de divulgação Recicla Sampa. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os materiais triados deverão ser estocados separadamente em baias de alvenaria ou madeira construídas com dimensões suficientes para o acúmulo de um volume que justifique o pagamento das despesas de transporte para venda. Materiais que apresentam grande volume e peso reduzido, como latas, plásticos, papéis e papelão devem ser prensados e enfardados para maior conveniência no armazenamento e transporte.

As embalagens de vidro devem ser separadas por cores e até por tipo, como forma de se obter maior valor comercial, já que podem ser vendidas por unidade para reuso em diversas empresas. Os recipientes quebrados devem ser triturados para redução de volume e maior economia de transporte. Para trituração podem ser usadas pequenas máquinas, acopláveis sobre latões de

200 litros, que podem ser obtidas nas próprias indústrias que processam esse material.

Os materiais estocados devem ser abrigados das intempéries para não acumular água de chuva e se transformarem em focos de proliferação de vetores. É comum que sejam entregues à coleta seletiva móveis e eletrodomésticos que quase sempre podem ser reutilizados, encontrando utilidade em entidades assistenciais, por exemplo. Estes materiais também necessitam de abrigo especial.

3.3.2. Centros de Tratamento de Resíduos Orgânicos - Unidades de Compostagem

A gestão dos resíduos orgânicos é outra forma importante de destinação final incentivada pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS, lei n° 12.305/10. Como principal forma de tratamento dos resíduos orgânicos a compostagem é um processo de oxidação biológica através do qual os microrganismos decompõem os compostos constituintes dos materiais, liberando dióxido de carbono e vapor de água.

Os resíduos orgânicos, biodegradáveis podem ser transformados em composto orgânico, fertilizante e condicionador do solo, sob controle e monitoramento sistemático, desde que atendam às leis, normas e instruções normativas pertinentes.

O Decreto n° 4.954/04 aprova o regulamento da Lei n° 6.894/80, que dispõe sobre a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura e, a Instrução Normativa n° 25/09, que aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

Os resíduos orgânicos representam um dos maiores desafios na gestão dos resíduos sólidos domiciliares, sendo esta classe, representando a maior porcentagem da composição média dos resíduos domiciliares no país.

Com as diretrizes estabelecidas na Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS, a gestão dos resíduos orgânicos é definida com processos de coleta, tratamento e destinação final específicos. A segregação dos resíduos orgânicos dos rejeitos, na fonte geradora, possibilita a implantação da coleta diferenciada dos orgânicos, visto que, estes materiais são encontrados em quantidade majoritária e encaminhados pelo município a aterro sanitário privado localizado no município de Juiz de Fora. A construção de um sistema de compostagem aumenta a vida útil dos aterros sanitários e o produto final, após o beneficiamento, pode ser reaproveitado como biofertilizante.

A implantação das novas diretrizes que nortearão a gestão dos resíduos orgânicos no Município de Antônio Carlos deve ser pautada com um planejamento estratégico e contínuo. Processos de gestão inovadores devem ser tratados com cautela e buscando a sua abrangência gradativa, com campanhas educativas que sensibilizem e promovam a participação da população em todos os aspectos.

A gestão dos resíduos orgânicos deve ser iniciada com a coleta dos resíduos orgânicos produzidos pelos grandes geradores, buscando a sua ampliação posterior de forma regional como os bairros, os Distritos e os centros urbanos até atender a sua completa universalização. Dentro desta perspectiva, deve-se ressaltar que para áreas rurais a gestão deve ter outro direcionamento.

Em virtude da facilidade de reaproveitamento dos resíduos orgânicos na área rural, culturalmente é observado ações adequadas que trazem benefícios para o ambiente e para o homem. A sobra de alimentos, como cascas, frutas, e alimentos preparados são destinados para criação de animais ou utilizados como adubos de canteiros e hortas.

Entretanto, associado com a dificuldade de logística para atender a coleta frequente dos resíduos orgânicos, a gestão deve ser elaborada através de programas para conscientização do reaproveitamento destes resíduos, assim como, na informação técnica para construção de Centros de Tratamento de Resíduos Orgânicos – CTRO.

Outra forma de facilitar a gestão desta classe de resíduos é potencializar os programas de sensibilização à separação e armazenamento dos resíduos na origem. A utilização de bombonas é uma forma bem difundida para restringir

insetos e a geração de odores, geralmente um dos principais problemas que causam o desestímulo da população. A figura abaixo mostra os tipos de bombonas que podem ser utilizadas como acondicionamento de resíduos orgânicos.

Figura 100 - Bombonas para o acondicionamento de resíduos orgânicos.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Para a população residente da área rural este cenário não representa um problema sistemático, pois, como dito anteriormente, a cultura existente no meio rural promovida pelo homem do campo tem como princípio o reaproveitamento dos resíduos orgânicos.

Contudo, emerge a necessidade de estudo da viabilidade da coleta de resíduos orgânicos, principalmente para a área urbana. Sendo uma ferramenta importante de gestão desses resíduos, a implantação de programas em parceria com as escolas e outros segmentos para auxiliar a população com as devidas técnicas de compostagem.

A necessidade dessa prática se torna fundamental para a gestão dos resíduos orgânicos no município, uma vez que não existe nenhum programa consolidado especifico para este tipo de resíduo. Essas ações visadas para o tratamento dos resíduos orgânicos necessitam de acompanhamento técnico, processos muito bem elaborados, tratamento adequando e, o produto posterior, utilizado de forma ambientalmente adequada.

Pois, a disposição dos resíduos orgânicos no aterro controlado, ao entrar em contato com a água oriunda da chuva e, a sua sequente decomposição, produz um líquido negro, denso e altamente poluente chamado popularmente de chorume. Dentro dessa questão, faz-se necessário uma gestão mais rigorosa para os resíduos orgânicos.

Sendo assim, para Antônio Carlos, propõe-se a implantação de um CTRO, de acordo com o porte do município, para o recebimento e tratamento adequado dos resíduos orgânicos, dotado de sistema de compostagem.

Cabe ainda na proposta de implantação de unidades de tratamento, uma parceria entre o Poder Público e a iniciativa privada para a viabilização dos investimentos necessários mediante gestão compartilhada. Desta forma, a redução do volume de resíduos destinados ao aterro passa a ser iminente e diminuí os impactos negativos ao ambiente neste local.

O projeto para a gestão correta dos resíduos orgânicos é a implantação do CTRO – Central de Tratamento de Resíduos Orgânicos. Depositando em um pátio impermeável os resíduos sólidos úmidos domiciliares, comerciais, de prestadores de serviços e dos resíduos provenientes da limpeza urbana, como, podas de galhos, gramas e entre outros, transformando-os em compostos orgânicos (adubos). As figuras abaixo mostram centros de tratamentos de resíduos orgânicos.

Figura 101 - Compostagem aeróbia de resíduos orgânicos em leiras. Compostagem mecânica de dejetos suínos.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Ressalta-se, que o Centro de Tratamento de Resíduos Orgânicos deverá também ser implantado através de projeto de engenharia, atentando-se para os procedimentos de compactação do solo com uma camada de trinta centímetros de argila e, drenos de captação da água da chuva no entorno.

Especificamente sobre o processo da compostagem, sendo este, um processo de degradação controlada de resíduos orgânicos sob condições aeróbias, ou seja, com a presença de oxigênio, é um processo no qual se procura reproduzir algumas condições ideais (de umidade, oxigênio e de nutrientes, especialmente carbono e nitrogênio) para favorecer e acelerar a degradação dos resíduos de forma segura (evitando a atração de vetores de doenças e eliminando patógenos).

A criação de tais condições ideais favorece que uma diversidade grande de macro e micro-organismos (bactérias, fungos) atue sucessiva ou simultaneamente para a degradação acelerada dos resíduos, tendo como resultado final um material de cor e textura homogêneas, com características de solo e húmus, chamada composto orgânico. O processo de compostagem pode ocorrer por dois métodos:

- Método natural: a fração orgânica do lixo é levada para um pátio e disposta em pilhas de formato variável. A aeração necessária para o desenvolvimento do processo de decomposição biológica é conseguida por revolvimentos periódicos, com auxílio de equipamento apropriado. O tempo para que o processo se complete varia de três a quatro meses e para este método o mais comum é a utilização de leiras, como mostra a figura abaixo:

Figura 102 - Leiras de compostagem natural de resíduos de feira.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

- Método acelerado: a aeração é forçada por tubulações perfuradas, sobre as quais se colocam as pilhas de lixo, ou em reatores, dentro dos quais são colocados os resíduos, avançando no sentido contrário ao da corrente de ar. Posteriormente, são dispostos em pilhas, como no método natural. O tempo de residência no reator é de cerca de quatro dias e o tempo total da compostagem acelerada varia de dois a três meses. A figura abaixo mostra um exemplo de um reator de compostagem acelerada:

Figura 103 - Reator de compostagem acelerada.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A tabela abaixo apresenta as vantagens e desvantagens do processo de compostagem.

Tabela 31 - Vantagens e desvantagens do processo de compostagem.

Vantagens	Desvantagens
Baixa complexidade na obtenção da licença ambiental.	Necessidade de investimentos em mecanismos de mitigação dos odores e efluentes gerados no processo.
Facilidade de monitoramento.	
Diminuição da carga orgânica do rejeito a ser enviado ao aterro, minimizando os volumes a serem dispostos.	Requer pré-seleção da matéria orgânica na fonte.
Tecnologia conhecida e de fácil implantação.	Necessidade de desenvolvimento de mercado consumidor do composto gerado no processo.
Viabilidade comercial para venda do composto gerado.	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.3.2.1. 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, com a consequente redução de custos e contribuindo juntamente com a redução

de emissão de gases de efeito estufa, 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 tipos de rejeitos, como os da construção civil e de resíduos perigosos.

A possibilidade de implantar os demais serviços em uma mesma área, deverá ser considerada, pois a implantação de centrais de triagem e compostagem no mesmo ambiente do aterro que será implantado, 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 32 - 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; Incineração; Autoclave	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, 2023.

3.3.2.1.1. Destinação Final dos Resíduos da Coleta Seletiva

Como dito em capítulos anteriores, todos os resíduos recicláveis provenientes da coleta seletiva devem ser encaminhados para os Centros de Triagem de Resíduos Sólidos, para posterior comercialização.

Nota-se que, uma das dificuldades se dá principalmente pela falta de estrutura física, que impossibilita o armazenamento de grandes volumes de resíduos recicláveis para comercialização. Com este viés, todo planejamento e projeto devem ser calculados de modo que as unidades de reciclagem possam ter estrutura suficiente para atender essa necessidade.

Outra forma de viabilidade é a implantação do CTRS junto a área do aterro sanitário junto com as outras centrais de resíduos. O CTRS pertencendo a empresa pública deverá prestar contas sobre todos os produtos comercializados, como, destinatários, datas de saídas, tipos de resíduo comercializados, quantidades expedidas, valores e entre outros.

Sendo assim, 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 33 - 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, 2023.

3.3.2.1.2. Disposição Final dos Resíduos da Coleta Domiciliar e Comercial

Atualmente, os resíduos classificados como rejeitos representam a menor porcentagem dos resíduos domiciliares. O processo de tecnologias que envolvem a disposição final dos rejeitos é bem abrangente e tem como fator determinante o volume gerado, geralmente destinados em aterros sanitários para o processo de aterramento, os rejeitos também possuem outras formas de disposição final onde podem ser utilizados como fonte de energia.

Para que a incineração no Brasil se torne técnica e ambientalmente viável, alguns pontos chave precisam ser observados, tais como, ser instalada em grandes centros urbanos, onde há alta demanda de resíduos sólidos a ser tratado, estar alinhado ou até mesmo interligado com outras tecnologias, ser instalada em locais em que possuem legislação a respeito do tema e desenvolver um canal de comunicação aberto com a população.

Em virtude da estimativa de volume de rejeitos gerados pelo Município de Antônio Carlos não serão apresentadas proposições de tecnologias vinculadas com o processo de incineração.

Quanto às áreas rurais, considerando o que preconiza a Lei n° 12.305/2010 e as recomendações da Lei n° 11.445/2007 – Universalização do Acesso, é prioritário o atendimento a essa população, com um serviço de qualidade e adequado à minimização dos impactos ambientais. Para isso a utilização de locais de entrega voluntária – LEVs deve ser instalada em toda a região, facilitando a coleta e possibilitando a viabilidade técnica e econômica para a gestão dos rejeitos.

Dentre os resíduos domiciliares e comerciais é necessário que os resíduos orgânicos e os recicláveis sejam tratados de forma separada e adequada.

Somente assim, a gestão dos resíduos domiciliares e comerciais atenderão as metas propostas neste Plano. Vale ressaltar que a Lei n° 12.305/2010, determina a proibição do envio de resíduos recicláveis e orgânicos para os lixões ou aterros sanitários, sem que antes se esgotem todas as possibilidades de reutilização e reciclagem destes materiais.

Sendo assim, a definição do procedimento mais adequado para a disposição final dos resíduos sólidos do Município de Antônio Carlos é indicada a partir do Diagnóstico Técnico, considerando os aspectos como origem e quantidade e, as características do local onde estão sendo dispostos.

Desta forma, seguem abaixo as alternativas mais comuns adotadas pelos municípios brasileiros, para destinarem corretamente os seus resíduos sólidos:

- 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. É, ambiental e socialmente, a pior situação encontrada no estado quando se fala de lixo;
- Aterro Controlado: é a instalação destinada à disposição de resíduos sólidos urbanos, na qual alguns ou diversos tipos ou modalidades objetivas de controle sejam periodicamente exercidos, quer sobre o maciço de resíduos, quer sobre os seus efluentes. Admite-se, desta forma, que o aterro controlado se caracterize por um estágio intermediário entre o lixão e o aterro sanitário;
- Aterro Sanitário: é a 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 ou ao meio ambiente.

No Município de Antônio Carlos a destinação final dos resíduos é a o aterro sanitário particular da Vital Ambiental S/A, localizado em Juiz de Fora, este procedimento deve ser continuado até que novas alternativas, que otimizem a gestão dos resíduos sólidos urbanos, como um consórcio intermunicipal com os municípios próximos, sejam definidas. Para as duas formas de destinação dos resíduos sólidos citados acima é necessário seguir as diretrizes do Anexo I da Resolução CONAMA n° 237/1997, onde este, determina a elaboração de

estudos para a obtenção de Licenciamento Ambiental para a instalação e operação da atividade.

Devido ao fato, de que estas atividades são potencialmente poluidoras e capaz de causar degradação ambiental. Obrigando a instalação de sistemas de proteção ambiental para a sua operação e monitoramento, além de outros requisitos exigidos por meio das condicionantes impostas pelo Órgão Ambiental competente.

A Norma responsável pela implantação de sistemas de proteção ambiental é a ABNT NBR n° 15.849/2010 – Resíduos Sólidos Urbanos – Aterros Sanitários de Pequeno Porte – Diretrizes para Localização, Projeto, Implantação, Operação e Encerramento.

Ressalta-se, que a escolha pela implantação de aterro sanitário deverá considerar além dos custos de implantação e operação, a responsabilidade socioambiental envolvida, a minimização de passivos ambientais e a garantia da qualidade ambiental e sanitária da região.

Propõe-se a implantação junto a área do aterro sanitário, o Centro de Triagem de Resíduos Sólidos, Centro de Tratamento de Resíduos Orgânicos e Resíduos de Construção Civil, pois as formas de tratamento dos resíduos serão próximas ao descarte, economizando os custos de transporte e facilitando o acesso dos mesmos. Abaixo segue a tabela com os critérios estipulados pela ABNT NBR n° 15.849/2010, para a instalação de aterros sanitários.

Tabela 34 - Critérios para a 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.
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, 2023.

A tabela abaixo mostra a infraestrutura básica para a instalação de aterros sanitários, de acordo também com a ABNT NBR n° 15.849/2010.

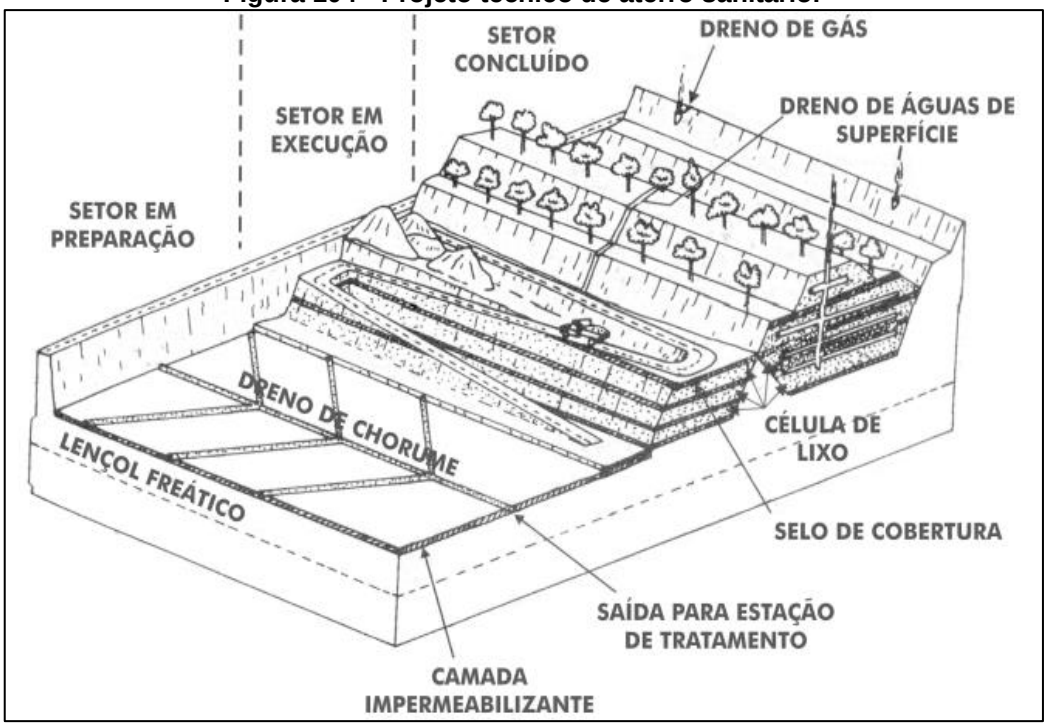
Tabela 35 - Infraestrutura básica para a instalação de aterros sanitários.

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, 2023.

A figura abaixo mostra um projeto técnico de um aterro sanitário.

Figura 104 - Projeto técnico de aterro sanitário.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Destaca-se também a necessidade de 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.

3.3.2.2. 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, o volume dos resíduos da limpeza pública representa cerca de 25,9% do total de RSU gerado no Município de Antônio Carlos. 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.

3.3.2.2.1. 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 105 - Equipamento utilizado para varrição mecânica.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A Prefeitura de Antônio Carlos 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 Município de Antônio Carlos realiza a limpeza urbana conforme a demanda, 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.

Tabela 36 - Proposta de frequência para o serviço 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, 2023.

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.

3.3.2.2.2. **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 Antônio Carlos 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.

3.3.2.2.3. **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 de responsabilidade do organizador.

A organização do evento festivo deverá contratar a mão de obra necessária para recolher os resíduos gerados e a Prefeitura de Antônio Carlos 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.

3.3.2.2.4. **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.

A Prefeitura de Antônio Carlos deverá destinar as podas dos gramados e dos galhos de árvores para o sistema de compostagem que deve ser implantado no município, enquanto que, os resíduos de varrição deverão ser encaminhados para a coleta convencional.

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 voltadas à conscientização da população sobre a importância de preservar as praças e jardins públicos. Essas campanhas devem destacar a relevância desses espaços

para a qualidade de vida e bem estar dos cidadãos, bem como ressaltar a necessidade de proteger o meio ambiente e os ecossistemas urbanos.

Além disso, é fundamental que a Prefeitura instale recipientes apropriados para acondicionamento de resíduos sólidos em pontos específicos das praças e jardins, de forma a facilitar o descarte adequado de lixo e minimizar a poluição ambiental. Idealmente, esses recipientes devem ser separados para a coleta seletiva de resíduos, a fim de promover a reciclagem e reduzir o volume de resíduos destinado ao aterro sanitário.

Outra medida importante é providenciar toda a infraestrutura necessária para o lazer dos frequentadores desses espaços públicos, como bancos, mesas, brinquedos, iluminação adequada, entre outros equipamentos. Dessa forma, é possível incentivar a população a incentivar a população a utilizar esses locais de forma consciente e responsável, contribuindo para a preservação e valorização do patrimônio público.

3.3.2.2.5. **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.

A Prefeitura de Antônio Carlos, 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 a 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 proposta relacionada aos resíduos da roçada, capina e poda é o estabelecimento de parceria entre o Município de Antônio Carlos e o setor privado para a destinação adequada do material. Seriam desta forma, as empresas que já atuam no segmento de limpeza pública e as empresas que realizam o aproveitamento de resíduos de madeira. Estes segmentos de mercado poderão dar destinação final adequada a estes tipos de resíduos.

3.3.2.2.6. **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.

3.3.2.3. Resíduos dos Serviços de Saúde – RSS

Atualmente no Brasil, órgãos como a Agencia 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.

Recomenda-se que a Prefeitura e a Vigilância Sanitária Municipal realizem uma fiscalização efetiva e contínua para verificar 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.

3.3.2.4. Resíduos da Construção Civil - RCC

De maneira geral, os RCCs são vistos como resíduos de baixa periculosidade, tendo como principal impacto o grande volume gerado. Contudo, nesses resíduos também são encontrados materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens diversas que podem acumular água e favorecer a proliferação de insetos e de outros vetores de doenças.

De acordo com o Art. 13 da Lei n° 12.305/2010, os resíduos de construção civil são aqueles gerados nas construções, em reformas, em reparos e em demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. São definidos e classificados em quatro classes pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA n° 307/2002, em função do seu potencial para serem reciclados ou reutilizados.

Na grande maioria dos municípios, a maior parte dos RCCs é depositada em bota-foras clandestinos, nas margens de rios e córregos ou em terrenos baldios. A deposição irregular de entulho ocasiona proliferação de vetores de doenças, entupimento de galerias e bueiros, assoreamento de córregos e rios, contaminação de águas superficiais e poluição visual.

Com relação à estimativa diária de geração de resíduos de construção civil, há no Brasil uma variação de 0,80 a 2,64 kg/hab. dia. Uma das soluções para os problemas com os RCCs é a reciclagem, que no Brasil, se iniciaram estudos sistematizados na década de 1980.

A análise da possibilidade de usinas de reciclagem é fundamental para a realização de medidas mais eficazes para destinação desse tipo de resíduo, uma vez que conforme já mencionado anteriormente, sua disposição inadequada acarreta numa série de impactos, e mesmo quando dispostos adequadamente

ocupam um volume considerável, prejudicando a disposição dos demais resíduos no aterro.

Assim, as soluções para a reciclagem de RCC variam em função do tipo do resíduo a ser tratado. Após a coleta seletiva, os resíduos passam por um processo de trituração, assim as frações se encontram misturadas e os resíduos tem pouco valor agregado. Somente após a granulagem, ou seja, a separação das frações é que se pode dar uma destinação adequada aos novos materiais. De acordo com o tamanho da fração, os resíduos serão classificados em areia, brita, pedrisco bica corrida e outros. Em seguida, poderão ser comercializados como matéria prima secundária, e/ou utilizados para o tamponamento de vias rurais com buracos.

De acordo com o empreendimento e a quantidade de resíduos de construção civil, há duas categorias de usinas de reciclagem que poderão ser implantadas. As usinas fixas, que são construídas em um terreno com uma área que varia em função da capacidade de processamento da usina, ou seja, quanto maior a capacidade, maior será a área necessária para construir.

Já as usinas móveis tem como vantagens o fato de que o empreendimento se locomove para regiões onde seu serviço se faça necessário. Se aproveitado dessa forma, o empreendimento pode ser altamente lucrativo e extremamente versátil. As figuras abaixo ilustram os dois modelos de usinas de tratamento de resíduos de construção civil.

Figura 106 - Usina fixa de RCC.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 107 - Usina móvel de RCC.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.3.3. 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. Especificamente no Município de Antônio Carlos este controle da gestão dos resíduos sólidos através do SINIR, não é realizado.

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 Antônio Carlos 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 de Antônio Carlos 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.

3.3.4. 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 e em Antônio Carlos, conforme relatado no Diagnóstico Técnico, há também empresas particulares para o recolhimento do RCC, sendo obrigadas a destinar os resíduos para um local adequado ambientalmente e licenciado.

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 108 – Veículo utilizado para o transporte de lodo de ETE e ETA.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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.

3.3.5. Definição das Responsabilidades Quanto á 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 37 - 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 de Antônio Carlos.	• 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, 2023.

3.3.5.1. 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 Antônio Carlos a Secretaria de Transportes 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.

3.3.5.2. Resíduos de Serviço de Saúde - RSS

O Poder Público Municipal 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.

3.3.5.3. Resíduos Sólidos com 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 a Prefeitura de Antônio Carlos, no município não há práticas que fomentem a realização da logística reversa envolvendo políticas legislativas entre setor industrial, comercial e o consumidor. No caso das embalagens de agrotóxicos se faz necessária a participação efetiva do fabricante, revendedor e agricultor para os processos relacionados à

comercialização, utilização, lavagem, armazenamento e destinação final, visando a segurança da saúde humana e a proteção do ambiente.

De modo que os agricultores ao adquirirem os defensivos agrícolas, sejam orientados para que após a utilização do produto, as embalagens sejam devolvidas ao revendedor que encaminhará para uma empresa responsável, encaminhando-as para a destinação final adequada. 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 de Antônio Carlos, como já relatado, a responsabilidade da logística reversa relacionada a embalagem de agrotóxico, é do consumidor, que possui a responsabilidade da devolução da embalagem vazia no estabelecimento agropecuário onde o produto foi adquirido, enquanto que, por parte do estabelecimento comercial que comercializa este tipo de produto, cabe a reponsabilidade da devolução da embalagem vazia ao fabricante, arquivando sempre que necessário o controle de recebimento e devolução destas embalagens.

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.

3.3.5.4. Programa de Especialização e Operacionalização

3.3.5.4.1. 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.

3.3.5.5. 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.

3.3.6. 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.

3.3.6.1. 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.

3.3.6.2. 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.

3.3.6.3. 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)

Diferentes atores das mais variadas esferas e setores estão interligados no sistema de gestão dos resíduos sólidos. Cada ente envolvido tem papel único e fundamental para o sucesso do fluxo e do ciclo do gerenciamento, ou seja, “o poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela

efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos" – Art. 25 da Lei n°12.305/2010.

Sendo assim, vale ressaltar, que os grupos interessados podem ser Cooperativas e Associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas de baixa renda, priorizando-as no gerenciamento dos resíduos sólidos, propiciando a inclusão social desta parcela da sociedade.

Entretanto, destaca-se ações que incentivem, proporcionem e ampliem a eficiência na produtividade dessas formas de organização já existentes ou que venham a ser concebidas no município, evitando os baixos rendimentos ligados à falta de equipamentos (infraestrutura operacional) e de estrutura organizacional.

Desta forma, em Antônio Carlos não há uma Cooperativa de Catadores constituída para participar da gestão e manejo dos resíduos recicláveis, sendo necessário a criação para a beneficiar a gestão e manejo dos recicláveis. Este Plano prevê, o cadastro de novos catadores informais e o seu ingresso na Cooperativa, a manutenção e a instrumentação da mesma, de forma a potencializar e otimizar o trabalho da organização, melhorando seus resultados.

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 Prefeitura 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.

Neste sentido, o CEMPRE, a Organização de Auxílio Fraterno – OAF, a Cooperativa dos Catadores Autônomos de Materiais Recicláveis – COOPAMARE e o Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial – SENAC criaram um kit educativo para formação de cooperativas: "Cooperar Reciclando – Reciclar Cooperando".

A organização desses trabalhadores pode ajudar a racionalizar a coleta seletiva e triagem, reduzindo custos e aumentando o fluxo de materiais recicláveis. Para este objetivo, a Prefeitura deve incentivar a formação de cooperativas de catadores.

Os objetivos, programas e ações, bem como o investimento previsto para o aprimoramento da COOPCAT são detalhados no Capítulo de Objetivos deste documento. A criação do citado kit educativo tem por objetivo ajudar os catadores na formação de cooperativas e, consequentemente, aumentar os seus ganhos e se integrarem à sociedade, fornecendo as ferramentas para que uma entidade religiosa, comunitária ou assistencial possa dar um curso de aproximadamente quinze aulas a um grupo determinado de catadores.

O curso permite alcançar vários objetivos: capacitar mais os que atuam no setor, para transferir sua experiência a outras comunidades, firmar o conceito de que os catadores de papel formam uma categoria profissional, evidenciar o caráter de utilidade pública dos serviços prestados por esta categoria.

A estrutura do curso está baseada em onze módulos: relações humanas, limpeza pública, saúde do catador, trabalhando no trânsito, reciclagem, princípios do cooperativismo, cooperativa funcionando, ações de melhoria, análise de processos, gestão do dia a dia e aspectos financeiros.

É recomendável que na falta de um curso específico para essa população, seja adotada a cartilha acima supracitada. A Prefeitura conta com três formas para alavancar a reciclagem no seu município, podendo optar por uma ou qualquer combinação das três. Assim, pode ser o agente:

- incentivador de ações para a reciclagem;
- implementador de ações para a reciclagem (por coleta seletiva ou usina de triagem);
- consumidor de produtos reciclados.

A atuação da Prefeitura 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 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 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.

Há de se destacar também, que este capítulo não se refere apenas para as Cooperativas ou outras formas de Associação de catadores de materiais recicláveis. O título também se refere a participação dos grupos interessados, devendo o Poder Público local buscar parcerias para a gestão de seus resíduos recicláveis, em especial, grandes empresas.

3.3.7. 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 em uma cidade do porte e importância regional como Antônio Carlos.

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, algumas no estado do Rio de Janeiro, como mostram os exemplos abaixo, o que não exclui a possibilidade de Antônio Carlos criar 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.

3.3.8. 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 Antônio Carlos, seguindo a tendência de a maioria dos outros municípios brasileiros, ocorre de forma deficitária. Conforme apresentado no Diagnóstico Técnico, a gestão dos resíduos sólidos do município apresentou um déficit entre a receita e as despesas de aproximadamente R$283.451,68 para o ano de 2021.

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 Antônio Carlos 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.

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 pela Secretaria de Assistência Social, aos quais deverá ser cobrado um valor inferior

subsidiado pelos demais munícipes. Entretanto, no Município de Antônio Carlos a cobrança da taxa de lixo ainda não é realizada.

Os serviços de limpeza urbana, baseando-se no documento do Ministério do Meio Ambiente - Orientações para Elaboração de Plano Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PSGIRS 2016, para municípios com população inferior a vinte mil habitantes recomenda-se adotar a cobrança da seguinte forma:

- Taxa – coleta e destinação final para os domicílios e pequenos comércios que gerem resíduos que se caracterizam como domiciliares;
- Tarifa – para grandes geradores com economias que geram acima de 2.500 litros ou 500 Kg de resíduos por mês, ou geradores de resíduos industriais, comerciais, de serviços de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris ou de mineração, que utilizam o serviço público de manejo de resíduos sólidos.

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 38 - 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 Supermercados, shoppings, hospitais e industrias	Taxa base com a coleta convencional e de recicláveis. Taxa diferenciada devido a quantidade de resíduo gerado.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 do Município de Antônio Carlos 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.

3.3.8.1. 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 tanto ao preconizado na Lei n° 14.026/2020, Novo Marco Legal do Saneamento Básico, como à Lei n° 8.078/1990, Código do Consumidor, e o Decreto n° 82.587/1978, 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;
- 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.

A taxa consiste na aplicação de uma fórmula com um Valor Fixo - VF (determinado pelo custo) e outra Variável, levando-se em consideração parâmetros como: Tipo de Economia, Quantidade de Economias, Consumo de Água e Frequência de Coleta de Resíduos. O Custo Total - CT e o Número de

Economias - NEC foram retirados dos dados mais atualizados do SNIS, referentes a 2021. O custo total foi obtido dividindo-se o gasto total anual com o sistema, R$283.451,68 por 12, obtendo-se assim o custo mensal de R$23.628,47.

$$VF = \frac{CT}{NEC}$$
$$VF = \frac{23.628{,}47}{3.627}$$
$$VF = R\$\ 6{,}51$$

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 m³ = 0,5
- 2ª Faixa – 11 a 15 m³ = 0,60
- 3ª Faixa – 16 a 30 m³ = 1,10
- 4ª Faixa – 31 a 45 m³ = 1,80
- 5ª Faixa – 46 a 60 m³ = 2,50
- 6ª Faixa – 61 a 999 m³ = 4,00

Quanto ao Consumo de Água (CA) – COMERCIAL E INDUSTRIAL

- 1ª Faixa – 0 a 10 m³ = 0,7
- 2ª Faixa – 11 a 20 m³ = 1,6
- 3ª Faixa – 21 a 30 m³ = 3,0
- 4ª Faixa – 31 a 999 m³ = 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 = 6,51 x 1,0 x 0,7 x 0,5

TARIFA = R$2,28

Usando o mesmo exemplo para um imóvel com coleta diária, fator x2, o valor da tarifa seria de R$5,47.

Para um imóvel comercial, com coleta diária, 1ª faixa de consumo, o cálculo resulta em:

TARIFA = VF.FC.CI.CA

TARIFA = 6,51 x 2,0 x 1,2 x 0,7

TARIFA = R$10,94

Agora um exemplo para um exemplo industrial, com coleta diária, na 2ª faixa de consumo, a conta seria:

TARIFA = VF.FC.CI.CA

TARIFA = 6,51 x 2,0 x 5,0 x 1,6

TARIFA = R$104,16

Caso a coleta fosse alternada, esse valor cairia para R$52,08.

O modelo acima é apenas um exemplo e deve ser discutido com a sociedade para aprimoramento. Ainda, a tarifa pode ser implementada

progressivamente, ao longo de cinco ou seis 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.

3.3.9. 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 o aterro sanitário de Juiz de Fora, 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 para o aterro sanitário municipal, relacionado aos resíduos recicláveis e aos resíduos orgânicos. Pois, a gestão eficiente destes dois tipos de resíduos aumentara a vida útil do aterro sanitário do município.

3.3.9.1. Resíduos Recicláveis

Abaixo seguem as metas referente aos resíduos recicláveis visando a diminuição de rejeitos encaminhados para o aterro sanitário:

- 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 início, 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 necessária 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.

3.3.9.2. 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 aterro sanitário em Leopoldina. 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 aterro sanitário. 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.

3.3.10. 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;

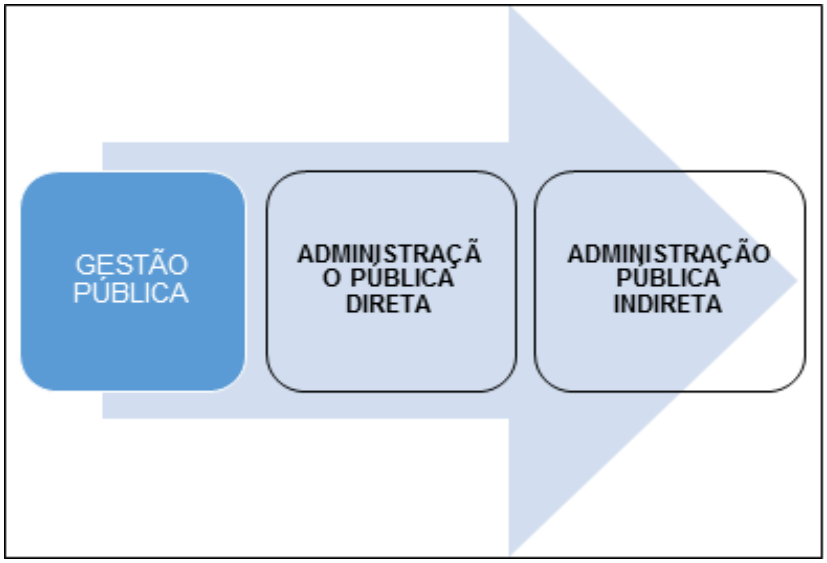
III - de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana.

Desta forma, como a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos são serviços públicos de interesse social, o município 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.

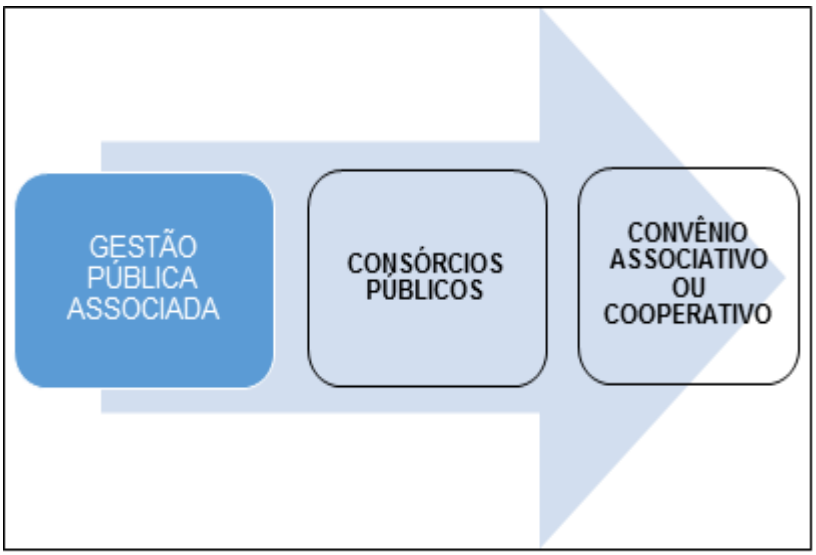
As figuras abaixo mostram algumas formas de gestão para o manejo dos resíduos sólidos urbanos.

Figura 109 - Gestão pública para o manejo de resíduos sólidos urbano.



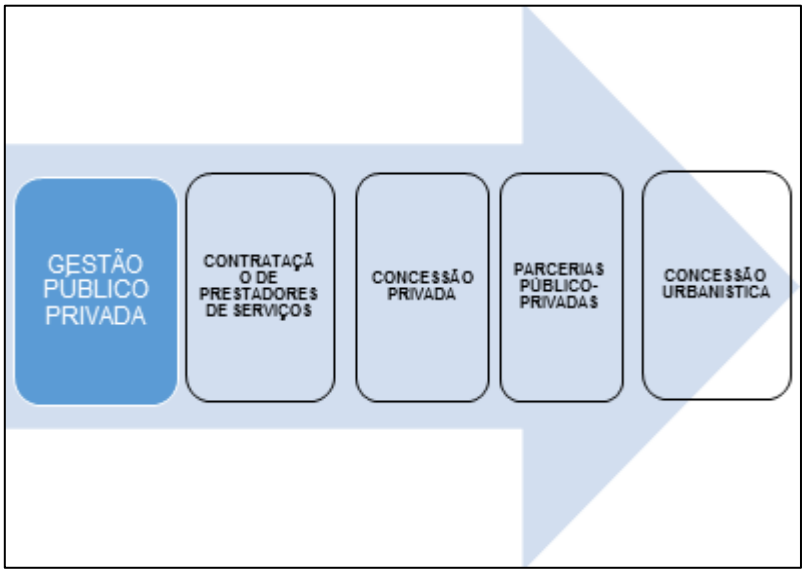
Fonte: Lei nº 11.079/2004. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 110 - Gestão pública associada para o manejo dos resíduos sólidos urbanos.



Fonte: Lei nº 11.079/2004. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 37 - Gestão público-privada para o manejo dos resíduos sólidos urbanos.



Fonte: Lei nº 11.079/2004. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 pelo município, 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 Antônio Carlos.

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.

3.3.11. 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 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.

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 Órgão responsável, entenda como necessário. O Órgão responsável 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 ao Órgão competente, no momento da renovação do Alvará de Funcionamento, da Licença Ambiental de Operação ou, do Atestado de Funcionamento.

Entretanto, o Órgão 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.

3.3.12. Ações de Emergência e Contingencia para o Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos

A paralisação da coleta de resíduos e limpeza pública, bem como ineficiência da coleta seletiva e inexistência de sistema de compostagem 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. A paralisação dos serviços de destinação de resíduos ao aterro interfere no manejo destes resíduos, provocando mau cheiro, formação excessiva de chorume, aparecimento de vetores transmissores de doenças, comprometendo a saúde pública e a qualidade ambiental. 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 as tabelas a seguir.

Tabela 39 - Ações de emergências e contingências - Resíduos Sólidos.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
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, da Secretaria Municipal de Obras e da Secretaria de Meio Ambiente, 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 das associações/ ONGs/ Cooperativas responsáveis	Acionar funcionários da prefeitura, da Secretaria de Meio Ambiente e da Secretaria Municipal de Obras para efetuarem estes serviços temporariamente

	pela coleta e triagem dos resíduos recicláveis	Acionar os caminhões da Secretaria Municipal de Obras para 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, da Secretaria de Meio Ambiente e da Secretaria Municipal de Obras para efetuarem estes serviços temporariamente
		Acionar os caminhões da Secretaria Municipal de Obras 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 no aterro	Greve ou problemas operacionais do órgão ou setor responsável pelo manejo do aterro e/ou área encerrada de disposição dos resíduos	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	Acionar os caminhões da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos 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, 2023.

3.3.13. 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 Antônio Carlos 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 Antônio Carlos.

3.3.14. Objetivo 1 – Implementação do Programa de Educação Ambiental

A tabela abaixo sintetiza as metas, ações e investimentos para este objetivo.

Tabela 40 - Síntese do objetivo 1.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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 Antônio Carlos. 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 e a importância de se encerrar lixões a céu aberto.	2) Manter o Programa de Educação Ambiental	3) Manter o Programa de Educação Ambiental

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CURTO	MÉDIO	LONGO	POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
3.1.1	Implementar programa de Educação Ambiental para a população com o objetivo de melhorar a segregação dos RDO apresentados à coleta convencional, envolvendo os resíduos recicláveis, resíduos orgânicos, RSS, RCC e resíduos oriundos da ETA e ETE.	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 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.
3.1.3	Implementar programa de Educação Ambiental junto a população sobre a importância de se encerrar os lixões a céu aberto.	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 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.
3.1.5	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.
3.1.6	Implementar projeto de Educação Ambiental com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduos dispostos irregularmente em vias públicas, terrenos baldios, 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.
3.1.7	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.
3.1.8	Implantar projeto de Educação Ambiental com o objetivo de melhorar a segregação de RSS na fonte, sua identificação e acondicionamento temporário.	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$ 400.000,00**	**R$ 320.000,00**	**R$ 960.000,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 1.680.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.15. Objetivo 2 – Manutenção e Aprimoramento da Coleta Convencional

Antônio Carlos, já conta com a universalização da coleta convencional, contudo, existem ainda diversas oportunidades de melhoria para a realização da mesma, visando deixa-la mais eficaz e eficiente, atendendo melhor a população e otimizando os recursos a ela empregados.

Toda ação relacionada ao gerenciamento e manejo dos resíduos sólidos depende essencialmente do grau de envolvimento, participação, consciência e sensibilização da população. O primeiro projeto relacionado na lista para atingir o Objetivo 2 é implementar projeto com objetivo de melhorar a segregação e o acondicionamento temporário dos RDO apresentados à coleta convencional.

Ainda, quanto as regras para apresentação e segregação dos resíduos para coleta e disponibilizar dispositivos coletivos para seu acondicionamento em locais de difícil acesso, deve-se intensificar a fiscalização quanto a este tema, orientando os munícipes que descumprirem as leis e recomendações e até aplicando as penalidades previstas para tal. A tabela abaixo sintetiza as metas, ações e investimentos para este objetivo.

Tabela 41 - Síntese do objetivo 2.

SETOR	**3**	**MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO**				
OBJETIVO	**2**	**MANUTENÇÃO, APRIMORAMENTO E UNIVESALIZAÇÃO DA COLETA CONVENCIONAL**				
FUNDAMENTAÇÃO		O Município de Antônio Carlos atualmente realiza a coleta convencional em 100% da área urbana. A Prefeitura dispõe de planejamento para a execução do serviço através de um cronograma semanal e veículos apropriados para a coleta. Porém, nas comunidades rurais mais distantes da área urbana não há realização da coleta convencional. Desta forma, atendendo aos princípios contidos da Lei n° 12.305/2010 e na Lei n° 11.445/07, alterada pela Lei nº 14.026/2020, se faz necessário a universalização dos serviços de gestão de resíduos sólidos.				
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Extensão de comunidades rurais atendidas a partir da instalação de PEVs - Ponto de Entrega Voluntária. Custo unitário da coleta de geração per capita de RDO. Custo unitário da coleta convencional por tonelada de RDO recolhido.				
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. 2) Manter a 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**	**CURTO**	**MÉDIO**	**LONGO**	**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
3.2.1	Implantação de 8 PEVS nas comunidades rurais.	R$ 64.000,00			RP – FPU – FPR	R$8.000,00 o valor de um PEV de 2500 litros, sendo quatros PEVs no total para a área rural até o 4° ano.
3.2.2	Ampliação da coleta convencional para as comunidades rurais não atendidas.	R$ 181.624,80	R$ 212.678,40	R$ 871.758,00	RP – FPU – FPR	Geração anual x % de ampliação x custo/ton. x o prazo estipulado.
3.2.3	Manter a coleta convencional de RDO.	R$ 908.124,00	R$ 1.063.392,00	R$ 4.358.790,00	RP – FPU – FPR	Geração anual x o custo da coleta
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 1.153.748,80**	**R$ 1.276.070,40**	**R$ 5.230.548,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 7.660.367,20**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.16. Objetivo 3 – Gestão de Resíduos Orgânicos

A tabela abaixo sintetiza as metas, ações e investimentos para este objetivo.

Tabela 42 - Síntese do objetivo 3.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
OBJETIVO	3	IMPLANTAR A GESTÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS
FUNDAMENTAÇÃO		Atualmente não há ações direcionadas aos resíduos orgânicos em Antônio Carlos, os mesmos são destinados junto aos demais resíduos da coleta convencional ao aterro controlado, sobrecarregando o local. 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.
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	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.3.1	Cadastrar os grandes geradores de resíduos orgânicos, como por exemplo: restaurantes, escolas, mercados, feiras e etc.	R$ 15.600,00			RP - AA	Salário estagiário x 12 meses
3.3.2	Aquisição de Caminhão baú para a coleta de orgânicos.	R$ 210.000,00			RP - FPU - FPR	Média de preço do caminhão baú

3.3.3	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$1300,00 x 12 meses, ação administrativa para manutenção a médio e longo prazo
3.3.4	Implementar e realizar a coleta diferenciada para resíduos orgânicos em toda a área urbana.	R$ 550.686,12	R$ 644.841,00	R$ 2.640.168,66	RP - FPU - FPR	Geração * custo coleta
3.3.5	Instituir CTRO em terreno ambientalmente adequado (obras civis necessárias), equipado com cobertura, vedação e sistema de captação dos líquidos, bomba de recirculação de líquidos, ferramentas. EPI´s para 5 trabalhadores.	R$ 301.000,00			RP - FPU - FPR	Adequação do terreno + equipamentos + maquinário + manutenção
3.3.6	Implementar e manter projeto de horta comunitária e viveiro de mudas junto à central de compostagem.	R$ 61.400,00	R$ 26.400,00	R$ 79.200,00	RP - FPU - FPR	R$5000,00 implantação da horta + R$1600,00/ano operação + R$30000,00 implantação do viveiro + R$5000,00/ano operação
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 1.154.286,12**	**R$ 671.241,00**	**R$ 2.719.368,66**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 4.544.895,78**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.17. Objetivo 4 – Implantar e Manter a Coleta Seletiva

Toda ação relacionada ao gerenciamento e manejo dos resíduos sólidos depende essencialmente do grau de envolvimento, participação, consciência e sensibilização da população.

A primeira medida proposta para alcançar o Objetivo 4 envolve o cadastramento e a capacitação dos catadores informais, com o objetivo de aprimorar a qualidade de vida e de trabalho desses indivíduos. Através da expansão do sistema de coleta seletiva, tanto na área central do município quanto nos distritos periféricos e áreas rurais, é esperado um aumento no volume de materiais recicláveis coletados, o que demandará um aumento correspondente no número de profissionais envolvidos em seu beneficiamento e triagem.

A segunda ação proposta consiste na aquisição de um caminhão com a finalidade de atender os grandes geradores de resíduos do município que estejam propensos a participar da coleta seletiva. Esse veículo também terá a capacidade de auxiliar na remoção de transporte de resíduos volumosos, bem como atender a outras específicas relacionadas aos processos realizados pela Associação.

A aquisição do caminhão proporcionará benefícios significativos para o sistema de coleta seletiva e para a gestão de resíduos como um todo. Além de facilitar o transporte eficiente dos materiais recicláveis, o veículo permitirá que os grandes geradores de resíduos participem ativamente do processo de reciclagem, contribuindo para a redução do impacto ambiental causado por esses resíduos.

Ao atender às necessidades dos grandes geradores e fornecer suporte logístico adequado, o caminhão fortalecerá a infraestrutura da Associação, possibilitando uma operação mais eficiente e eficaz. Dessa forma, a capacidade de coleta, transporte e beneficiamento de resíduos será ampliada, beneficiando tanto o meio ambiente quanto a comunidade em geral.

É importante ressaltar que essas ações propostas refletem a necessidade de um planejamento estratégico e abordagens técnicas adequadas para garantir a eficácia e o sucesso das iniciativas. O cadastramento e a capacitação dos catadores informais garantirão um melhor desempenho nas atividades

relacionadas à coleta seletiva, enquanto a aquisição do caminhão fornecerá recursos logísticos essenciais para a gestão dos resíduos recicláveis e volumosos.

Por meio dessas medidas, espera-se um avanço significativo na implementação do Objetivo 4, proporcionado melhores condições de vida e trabalho para os catadores informais, bem como promovendo a conscientização ambiental e o aumento da taxa de reciclagem no município. Essas ações são fundamentais para o desenvolvimento sustentável e a construção de uma sociedade mais responsável com o meio ambiente.

Para aumentar o alcance da coleta seletiva em um curto espaço de tempo, foi idealizada uma rede de PEVs (ecopontos de 2500L) de forma a atender toda a área urbana do município, num primeiro momento. A quantidade de PEVs foi definida a partir do estudo de projeção populacional e seguindo a proporção de 1 PEV para cada 5 mil habitantes (CEMPRE, 2018) e com raio de abrangência de 1,5km por dispositivo (SANTO ANDRÉ, 2018).

Será 1 dispositivo por localidade de entrega, que deve ser realizada semanalmente. A figura abaixo lustra o modelo de dispositivo idealizado para os PEVs ou Ecopontos.

Figura 111 - Exemplo de PEV ou Ecoponto com capacidade de dois mil e quinhentos litros.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Tabela 43 - Síntese do objetivo 4.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
OBJETIVO	4	MANTER E AMPLIAR A COLETA SELETIVA
FUNDAMENTAÇÃO		A coleta seletiva é essencial para atingir as metas de redução, reutilização e reciclagem. No Município de Antônio Carlos não há coleta seletiva, se tornando necessário a implantação de uma polítca municipal voltada para esta vertente da Lei n° 12.305/2010.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Massa de recicláveis coletada. Massa de recicláveis enviada ao aterro sanitário municipal. 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) Mapear os grandes geradores; 2) Instalar PEVs na área urbana; 3) Atender 20% a população urbana com a coleta seletiva; 4) Aquisição de um caminhão.	5) Atender em 100% a população urbana com a coleta seletiva. 6) Atender em 50% a população rural com a coleta seletiva; 7) Manter a coleta seletiva.	8) Atender 100% a população rural com a coleta seletiva; 9) Manter a coleta seletiva.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CURTO	MÉDIO	LONGO	POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
3.4.1	Programa de cadastro e capacitação de catadores.	R$ 124.800,00	-	-	AA - RP	2 Estagiários R$1.300,00 cada (curto), ação administrativa para manutenção a médio e longo prazo
3.4.2	Aquisição de caminhão roll on e roll off e 5 caçambas estacionárias	R$ 575.000,00			RP - FPR - FPR	R$400.000,00 caminhão + R$35.000,00 caçamba x 5 caçambas

3.4.3	Criação e divulgação da rota de coleta de recicláveis na área urbana.	R$ 43.200,00			RP - FPR - FPR	R$900,00 x 12 meses x anos
3.4.4	Criação e divulgação da rota de coleta de recicláveis nos distritos.	R$ 43.200,00			RP - FPU - FPR	R$900,00 x 12 meses x anos
3.4.5	Instalação de 3 PEVs para o recebimento de recicláveis nos 3 distritos	R$ 15.000,00			RP- FPU - FPR	R$5.000,00 o valor de um PEV em alvenaria (dimensões 1,5x,1,5x1,5)
3.4.6	Manter a coleta seletiva.	R$ 54.450,96	R$ 318.804,42	R$ 1.306.762,62	RP -FPU - FPR	Geração anual x % de ampliação x custo/ton. x o prazo estipulado.
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 855.650,96**	**R$ 318.804,42**	**R$ 1.306.762,62**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 2.481.218,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2022. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.18. Objetivo 5 - Adequar os Serviços de Limpeza Pública

A limpeza pública tem como objetivo principal proteger a saúde ambiental, prevenindo a propagação de doenças causadas pela proliferação de vetores, bem como a ocorrência de enchentes ou o assoreamento devido ao acúmulo de resíduos nos sistemas de drenagem e cursos d'água.

No município de Antônio Carlos, os serviços de varrição são concentrados principalmente no centro da cidade, enquanto os serviços de limpeza de córregos, poda, limpeza de bocas-de-lobo e capinação são realizados de acordo com a demanda. Esse objetivo foi subdividido em diferentes tipos de serviços executados no âmbito da limpeza pública.

Tabela 44 - Síntese do objetivo 5.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	**3**	**RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA**
OBJETIVO	**5**	**ADEQUAR OS SERVIÇOS DE LIMPEZA PÚBLICA**
FUNDAMENTAÇÃO		Em Antônio Carlos não há um cronograma definido para a realização dos serviços de limpeza pública, sendo estes, a varrição, a capina, a roçagem o fundo de quintal e a poda. Os resíduos verdes oriundos das podas e cortes de árvores são encaminhados para uma área próxima à área de transbordo.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Taxa de empregados no manejo de RDO em relação à população, extensão de vias atendidas com varrição, poda, capina e roçagem, produção de composto e equipe de fiscalização de terrenos baldios.

METAS		
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS	**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**	**LONGO PRAZO - 12 A 20 ANOS**
1) Adequar o planejamento e execução dos serviços; 2)Fiscalização ostensiva; 3) Adquirir um triturador de galhos; 4) Manter o serviço de limpeza pública; 5) Destinar os resíduos verdes para a compostagem;	6) Manter o serviço de limpeza pública.	7) Manter o serviço de limpeza pública.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CURTO	MÉDIO	LONGO	POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
3.5.1	Estabelecer cronograma de roçada, capina e limpeza de sarjetas e poda de árvores localizadas nas principais vias de tráfego.	R$ 43.200,00			AA - RP	R$900,00 x 12 meses x anos
3.5.2	Aumentar a fiscalização (1 fiscal)	R$ 105.600,00	R$ 105.600,00	R$ 316.800,00	RP	Salário fiscal * anos

3.5.3	Adquirir um triturador de galho	R$ 21.300,00			RP - FPU	Valor médio de compra de trituradores de galho.
3.5.4	Manter o serviço de limpeza pública	R$ 140.496,72	R$ 147.521,56	R$ 442.564,68	RP - FPU - FPR	Custo atual x anos
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 267.396,72**	**R$ 253.121,56**	**R$ 759.364,68**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 1.279.882,96**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.19. Objetivo 6 - Gestão Dos Resíduos Sólidos da Construção Civil – RCC

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 6, 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 45 - Síntese do objetivo 6.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	**3**	**RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA**
OBJETIVO	**6**	**GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL - RCC**
FUNDAMENTAÇÃO		Antônio Carlos não possuí um Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil – PGIRCC, e o município dispõe de empresa privada que realiza a coleta e a destinação final de RCC, por meio do serviço de caçambas e o próprio município realiza a coleta e destinação dos pequenos geradores de RCC. Os resíduos são destinados para Barbacena município limítrofe, entretanto, há pontos de descarte irregulares na área urbana e rural.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Massa de RCC destinada ao local inapropriado. Massa de RCC coletada em pontos de descarte incorreto. Autuações administrativas.

METAS		
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS	**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**	**LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS**
1) Mapear os locais de destinação inadequada de RCC; 2) Fortalecer a fiscalização no combate ao descarte inadequado de RCC; 3) Exigir a adequação ambiental da empresa coletora; 4) Elaborar o PGRCC - Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.	5) Fiscalização ostensiva em relação a abertura de novos pontos de descarte irregular e bota fora.	6) Manter a fiscalização e aplicação de medidas punitivas previstas em leis em caso de descumprimento das diretrizes estabelecidas.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**CURTO**	**MÉDIO**	**LONGO**	**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
3.6.1	Adquirir um triturador de RCC.	R$ 25.000,00			RP - FPU	Preço médio de mercado.

3.6.2	Adequar espaço para recebimento dos RCC triturados.	R$ 100.000,00			RP - FPU	Preço médio de uma reforma para a adequação.
3.6.2	Elaborar o PGRCC - Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.	R$ 45.000,00			RP - FPU	Preço médio de um plano.
3.6.3	Mapear e aumentar a fiscalização sobre os locais de descarte incorreto de RCC.	R$ 211.200,00	R$ 223.200,00	R$ 705.600,00	RP - FPU	Sálario de dois fiscais * anos
3.6.4	Exigir a adequação ambiental das empresas coletoras de RCC.	-			AA	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 381.200,00**	**R$ 223.200,00**	**R$ 705.600,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 1.310.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.20. Objetivo 7 - Gestão de Resíduos Sólidos Agrossilvopastoris

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 7 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 46 - Síntese do objetivo 7.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	**3**	**RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA**					
OBJETIVO	**7**	**GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS AGROSILVOPASTORIS**					
FUNDAMENTAÇÃO		Em Antônio Carlos, 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**	**CURTO**	**MÉDIO**	**LONGO**	**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**	
3.7.1	Mapear os grandes geradores.	R$ 15.600,00			RP - AA	1 Estagiário R$1300,00 x 12 meses, ação administrativa para manutenção a médio e longo prazo	

3.7.2	Implantar a fiscalização e o controle de recebimento de embalagens vazias nos pontos de venda.	R$ 110.400,00	R$ 110.400,00	R$ 338.400,00	RP - FPU	salário 1 fiscal * anos
3.7.3	Iniciar parceria com o INPEV para o recolhimento das embalagens.	-	-	-	AA	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 126.000,00**	**R$ 110.400,00**	**R$ 338.400,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 574.800,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.21. Objetivo 8 - Fomentar a Responsabilidade Compartilhada Sobre a Gestão dos Resíduos da Logística Reversa

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 8 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 47 - Síntese do objetivo 8.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	**3**	**RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA**
OBJETIVO	**8**	**FOMENTAR A RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS DA LOGÍSTICA REVERSA**
FUNDAMENTAÇÃO		De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Federal n.º 12.305/10, art. 33, a logística reversa visa o desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta, restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial e seu devido reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação. Lei Municipal nº 4137/2013 que discorre sobre o Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Eletrônicos no município de Antônio Carlos.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Responsáveis mapeados. Massa e/ou volume coletados e destinados.

METAS		
CURTO - ATÉ 4 ANOS	**MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS**	**LONGO PRAZO - 12 A 20 ANOS**
1) Quantificar a geração de REE - Resíduos Eletro Eletrônicos e Resíduo da Logística Reversa Obrigatória - RLO. 2) Coletar e destinar corretamente 30% dos REE e Resíduos da Logística Reversa. 3) Fortalecer a fiscalização.	4) Coletar e destinar corretamente 50% dos REE e Resíduos da Logística Reversa.	5) Coletar e destinar corretamente 100% dos REE e Resíduos da Logística Reversa Obrigatória.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

CÓDIGO	DESCRIÇÃO				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.8.1	Mapear e cadastrar os responsáveis pelos resíduos (comerciantes, distribuidores, importadores, fabricantes, etc) em cada tipologia da Logística Reversa dos Resíduos.	R$ 15.600,00			RP - AA	1 Estagiário R$1300,00 x 12 meses, ação administrativa para manutenção a médio e longo prazo

3.8.2	Aumentar os PEV's destinados ao recebimento de pilhas e baterias usadas, lâmpadas fluorescentes e resíduos eletrônicos.	R$ 1.400,00	R$ 1.400,00	R$ 1.400,00	RP – FPU – FPR	R$140,00/coletor x 10 coletores por prazo
3.8.3	Implementar a fiscalização e o controle de recebimento de embalagens vazias nos postos de venda.	R$ 110.400,00	R$ 110.400,00	R$ 338.400,00	RP	salário 1 fiscal * anos
3.8.4	Buscar a destinação correta de pilhas e baterias usadas, lâmpadas fluorescentes e resíduos eletrônicos (possível consórcio).	-	-	-	AA	
3.8.5	Providenciar local para o armazenamento temporário de pneumáticos inservíveis.	R$ 96.000,00	R$ 96.000,00	R$ 288.000,00	RP	Preço médio aluguel galpão
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 223.400,00**	**R$ 207.800,00**	**R$ 627.800,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 1.059.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.22. Objetivo 9 – Aprimorar a Gestão dos RSS

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 48 - Síntese do objetivo 9.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	**3**	**RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA**					
OBJETIVO	**9**	**APRIMORAR A GESTÃO DOS RSS**					
FUNDAMENTAÇÃO		Os RSS gerado no município possuí a sua gestão estabelecida por Normas e legislações relacionada a coleta e ao descarte correto, apesar, de o município ter elaborado o seu PGRSS para o hospital, é necessário implementar para as demais unidades de saúde. A gestão eficiente de RSS evita que este resíduo seja descartado de forma irregular e evita também, que pessoas tenham contato com o mesmo. Em Antônio Carlos a coleta e o descarte final adequado é realizado por empresa especializada.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Massa de RSS coletada. 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 os locais de armazenamento de RSS nas unidades de saúde públicas; 2) Adequar procedimentos internos de gerenciamento; 3) Adequar armazenamento externo;		4) Reduzir em 20% a fração de recicláveis descartados junto aos RSS.			5) Reduzir em 40% a fração de recicláveis descartados junto aos RSS.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**CURTO**	**MÉDIO**	**LONGO**		**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
3.9.1	Adequar o local de armazenamento de RSS do Pequeno Hospital Santa Maria.	R$ 35.000,00				RP - FPU	Preço médio de uma reforma
3.9.2	Adequar os locais de armazenamento de RSS das unidades de saúde do distrito sede e dos outros 3 distritos.	R$ 100.000,00				RP - FPU	Preço médio de uma reforma
3.9.3	Exigir o PGRSS dos estabelecimentos públicos e particulares de saúde	R$ 15.000,00	R$ 15.000,00	R$ 45.000,00		AA - RP	Anúncios + fiscalização

TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES	**R$ 150.000,00**	**R$ 15.000,00**	**R$ 45.000,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 210.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.23. Objetivo 10 - Destinação Final

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 10 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 49 - Síntese do objetivo 10.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	**3**	**RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA**
OBJETIVO	**10**	**DESTINAÇÃO FINAL**
FUNDAMENTAÇÃO		Conforme apresentado no Diagnóstico Técnico, Antônio Carlos não conta, dentro de seu limite municipal, com um aterro sanitário ambientalmente adequado a receber os resíduos sólidos urbanos gerados no município. O antigo lixão da cidade está desativado e inapto a receber os resíduos da cidade. Entretanto, caso seja do interesse do município, o mesmo, através das diretrizes contidas na PNRS, poderá se consorciar com os municípios vizinhos para a implantação e operação de um aterro sanitário consorciado. Esta ação vai trazer para os municípios participantes prioridade na obtenção de recursos para a gestão de resíduos dos municípios.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Massa de resíduos recebidos pelo aterro controlado de Juiz de Fora.

METAS

CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS	MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS	LONGO PRAZO - 12 A 20 ANOS
1) Estudo de solução consorciada para prospecção de área e implantação de aterro sanitários para resíduos Classe I. 2) iniciar a operação do aterro sanitário municipal. 3) Manter a destinação final correta	4) Manter o aterro sanitário municipal. 5)Manter a destinação final ambientalmente correta	6) Manter o aterro sanitário municipal. 7)Manter a destinação final ambientalmente correta.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CURTO	MÉDIO	LONGO	POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
3.10.1	Busca de soluções compartilhadas para resíduos Classe I junto aos 5 municípios circunvizinhos	R$ 20.000,00			RP -FPU - FPR	Valor para cada município
3.10.2	Executar projeto de aterro sanitário junto aos municípios circunvizinhos, diminuindo a distância e os gastos conforme destino final atualmente.	R$ 3.000.000,00			RP -FPU - FPR	Valor para cada município

3.10.3	Iniciar a operação do aterro sanitário consorciado.	R$ 93.223,17	R$ 109.161,26	R$ 447.449,24	RP -FPU - FPR	Custo operacional x a geração ton/dia.
3.10.4	Manter a destinação correta dos rejeitos em aterro sanitário.	R$ 408.913,36	R$ 408.913,36	R$ 1.288.077,08	RP -FPU - FPR	Geração anual x o custo da destinação final
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R$ 3.522.136,53	R$ 518.074,62	R$ 1.735.526,32	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 5.775.737,47**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.1. Objetivo 11 – Reestruturar o Sistema Tarifário

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 11 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 50 - Síntese do sistema tarifário.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	**3**	**RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA**					
OBJETIVO	**11**	**REESTRUTURAR O SISTEMA TARIFÁRIO**					
FUNDAMENTAÇÃO		Antônio Carlos 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 de Antônio Carlos.					
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 auto suficiência financeira; 5) Fiscalizar e manter os serviços de cobrança.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**CURTO**	**MÉDIO**	**LONGO**		**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
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, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

3.3.1. Análise Econômica

A tabela síntese a seguir mostra os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 51 - Totais dos valores estimados.

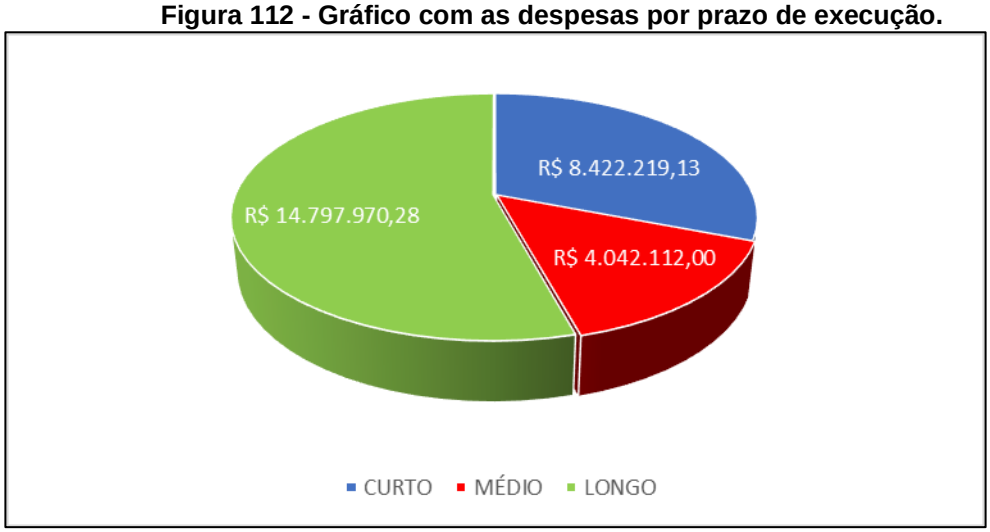
MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO				
SISTEMA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA				
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS (R$)				
OBJETIVOS				**TOTAL GERAL**
	CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**	
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	R$ 400.000,00	R$ 320.000,00	R$ 960.000,00	**R$ 1.680.000,00**
MANUTENÇÃO E UNIVERSALIZAÇÃO DA COLETA CONVENCIONAL	R$ 1.153.748,80	R$ 1.276.070,40	R$ 5.230.548,00	**R$ 7.660.367,20**
MANUTENÇÃO E UNIVERSALIZAÇÃO DA COLETA SELETIVA	R$ 855.650,96	R$ 318.804,42	R$ 1.306.762,62	**R$ 2.481.218,00**
GESTÃO DOS RESIDUOS ORGÂNICOS	R$ 1.154.286,12	R$ 671.241,00	R$ 2.719.368,66	**R$ 4.544.895,78**
AMPLIAR E ADEQUAR OS SERVIÇOS DE LIMPEZA PÚBLICA	R$ 267.396,72	R$ 253.121,56	R$ 759.364,68	**R$ 1.279.882,96**
GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	R$ 381.200,00	R$ 223.200,00	R$ 705.600,00	**R$ 1.310.000,00**
GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS AGROSILVOPASTORIS	R$ 126.000,00	R$ 110.400,00	R$ 338.400,00	**R$ 574.800,00**
FOMENTAR A RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS DA LOGÍSTICA REVERSA	R$ 223.400,00	R$ 207.800,00	R$ 627.800,00	**R$ 1.059.000,00**
APRIMORAR A GESTÃO DOS RSS	R$ 150.000,00	R$ 15.000,00	R$ 45.000,00	**R$ 210.000,00**
DISPOSIÇÃO FINAL	R$ 3.522.136,53	R$ 518.074,62	R$ 1.735.526,32	**R$ 5.775.737,47**

REESTRUTURAR O SISTEMA TARIFÁRIO	R$ 188.400,00	R$ 128.400,00	R$ 369.600,00	**R$ 686.400,00**
TOTAL GERAL	**R$ 8.422.219,13**	**R$ 4.042.112,00**	**R$ 14.797.970,28**	**R$ 27.262.301,41**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A figura a seguir ilustra o gráfico com a porcentagem de despesas por prazo de execução.

Figura 112 - Gráfico com as despesas por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4. Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais

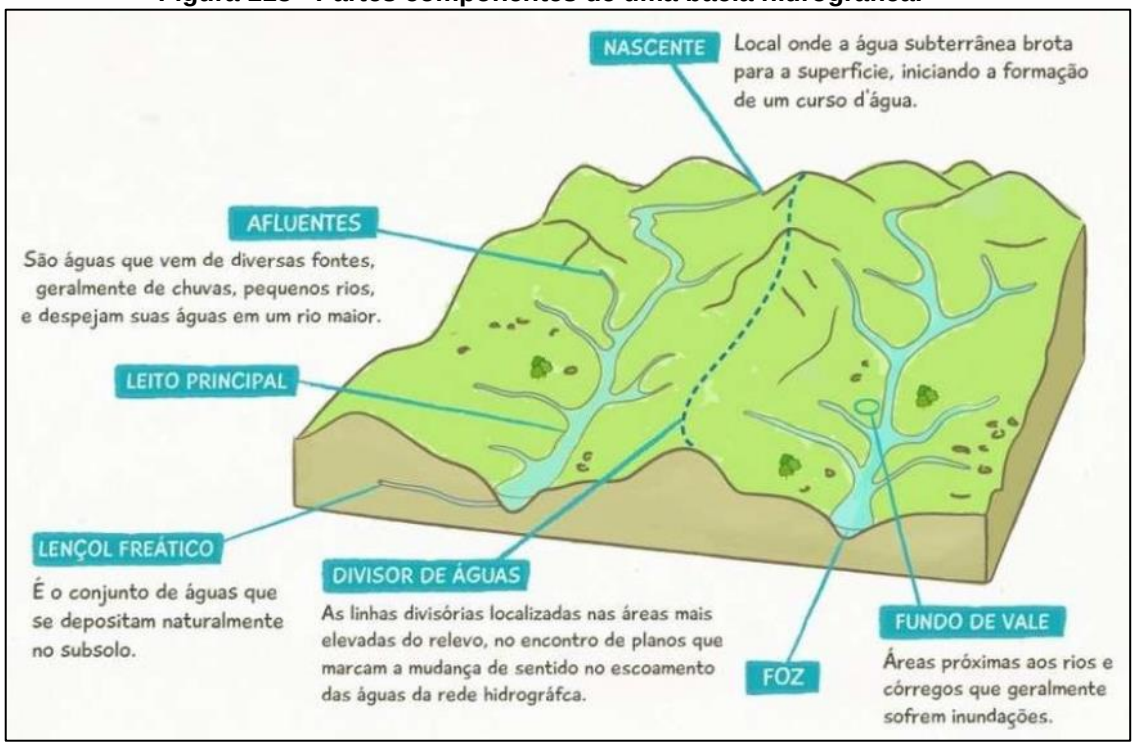
As medidas de correção e prevenção na rede de drenagem são classificadas de acordo com sua natureza como medidas estruturais e medidas não estruturais.

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.

Os fundos de vale correspondem a áreas situadas nas porções mais baixas das bacias hidrográficas, como o ponto com a cota mais baixa em uma área de relevo, próximas aos cursos d’água e consequentemente suscetíveis a alagamentos.

A área denominada como fundo de vale recebe as águas de trechos de drenagem do entorno em função da declividade e localização do mesmo, que por ventura escoam e formam os rios. Geralmente, fundos de vale são constituídas por APPs - Áreas de Preservação Permanente, visto a importância da mesma para a proteção dos corpos hídricos. A figura abaixo exemplifica sobre as partes que compõem as bacias hidrográficas, sendo o fundo de vale um dos componentes.

Figura 113 - Partes componentes de uma bacia hidrográfica.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os fundos de vale são resguardados pela Lei n° 12.651/2012 - Código Florestal, que estabelece as normas e vigências em relação as APP. Outras legislações que resguardam tais áreas diretamente, são a Lei Federal nº 6.938/81 - Política Nacional do Meio Ambiente, as Resoluções do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente e de forma indireta, a Lei n° 6.766/79 que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá Outras Providencias.

Porém, considerando a ocupação e expansão urbana de bacias hidrográficas e associadas com atividades antrópicas com potenciais impactos ambientais negativos, nota-se que os fundos de vale estão em estado de degradação e fragilidade ambiental, principalmente em função de ocupações irregulares e ocupação e uso do solo indevidas.

A degradação das áreas de fundo de vale ocorre principalmente em função da falta de ordenamento territorial e pelo uso e ocupação do solo de forma irregular nas bacias hidrográficas. A ocupação destas áreas de forma irregular é responsável por trazerem problemáticas de grandes proporções como a degradação ambiental em áreas naturais. Quando ocorre em área urbana pode causar grandes enchentes, principalmente em épocas de altos índices

pluviométricos, considerando o aumento da contribuição das águas das chuvas associada com a falta de permeabilidade do solo. Evidencia-se sobre a importância de estudos e prudência nas construções em áreas de várzea, buscando evitar transtornos futuros em relação a drenagem.

Em se tratando de incentivo a pesquisa para a recuperação de áreas de fundo de vale, o Brasil possui pesquisas em andamento. Contudo, devido à complexidade exigida na condução destes estudos relacionados com o reestabelecimento de áreas naturais e das margens dos corpos hídricos, as pesquisas caminham a passos lentos. Nesse sentido, torna-se de grande interesse para governantes e população civil a priorização das recuperações dessas áreas, visando a diminuição das problemáticas em decorrência dos impactos ambientais negativos nas áreas de fundo de vale.

A recuperação e tratamento das áreas de fundo de vale deve partir de um estudo estruturado em relação aos âmbitos sociais, físicos e de variáveis ambientais. Abaixo segue propostas de instrumentos que visam o estabelecimento de métodos para a recuperação e manejo de áreas de fundo de vale.

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).

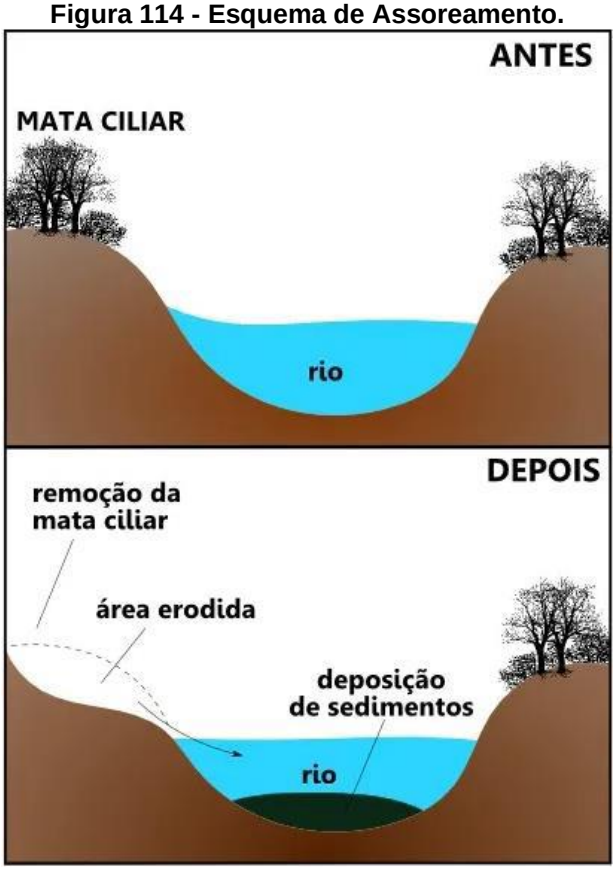
A principal causa do assoreamento de rios é a intensificação do processo de erosão do solo, ou seja, a remoção dos sedimentos na camada superficial com o seu posterior destino aos cursos d'água graças ao transporte realizado pelo escoamento da água das chuvas. Essa situação é originada ou agravada pelas 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.

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 do rio.

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 114 - Esquema de Assoreamento.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

No caso do Município de Antônio Carlos, este, não possui problemas graves relacionados com a erosão do solo. Porém ao longo dos anos, há a possibilidade de acontecer eventos isolados, onde os maiores potenciais erosivos são registrados em locais de elevada precipitação e declividade, como também problemas com assoreamento em canais superficiais ao longo das rodovias onde não há um sistema de microdrenagem e pavimentação.

O problema de erosão acontece com maior frequência em áreas com vias não pavimentadas, como a zona rural, como identificado na fase de diagnóstico no município de Antônio Carlos não foram identificados pontos de erosão, mesmo assim faz-se necessário a vistoria e manutenção preventiva das vias não pavimentadas a fim de evitar os processos erosivos.

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.

No Município de Antônio Carlos, não há a necessidade de implantação destes dispositivos, por não sofrerem com casos de alagamento na zona urbana. Entretanto em cenários futuros de expansão da população, deve-se estar preparado para a ocorrência desses eventos nas macrodrenagens.

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.

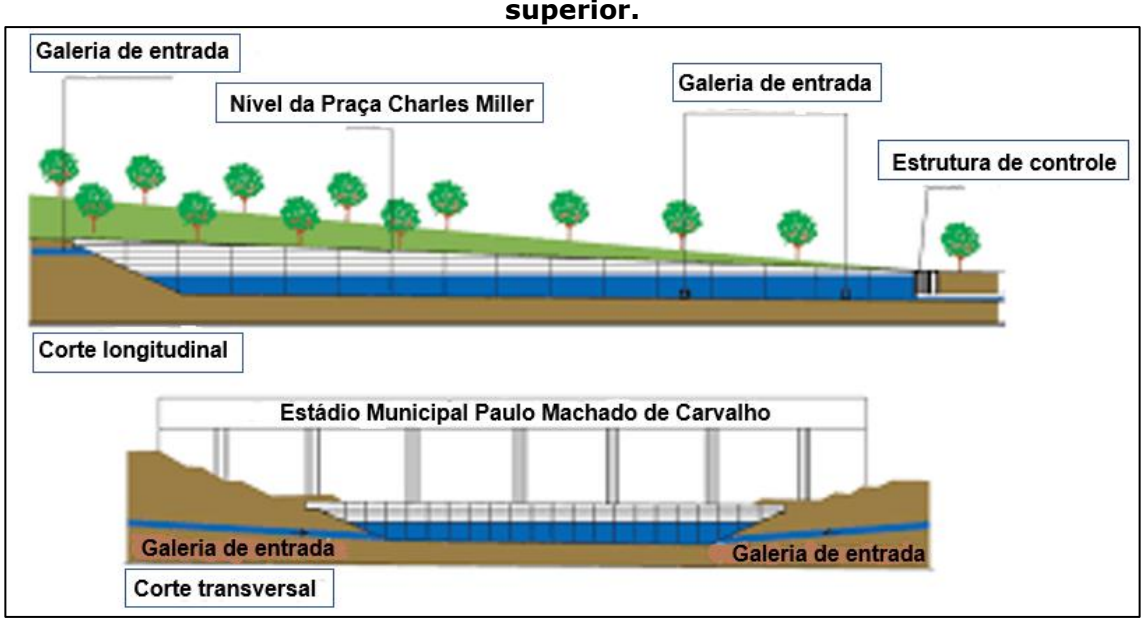
As bacias de detenção são reservatórios de armazenamento de curtos períodos, que reduzem as vazões de pico dos hidrogramas de cheias, aumentando seu tempo de base, tendo o potencial de produzir os seguintes benefícios: reduzir problemas de inundações localizadas, reduzir custos de sistemas de galerias 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 115 - Exemplo de reservatório subterrâneo com recreação na parte superior.



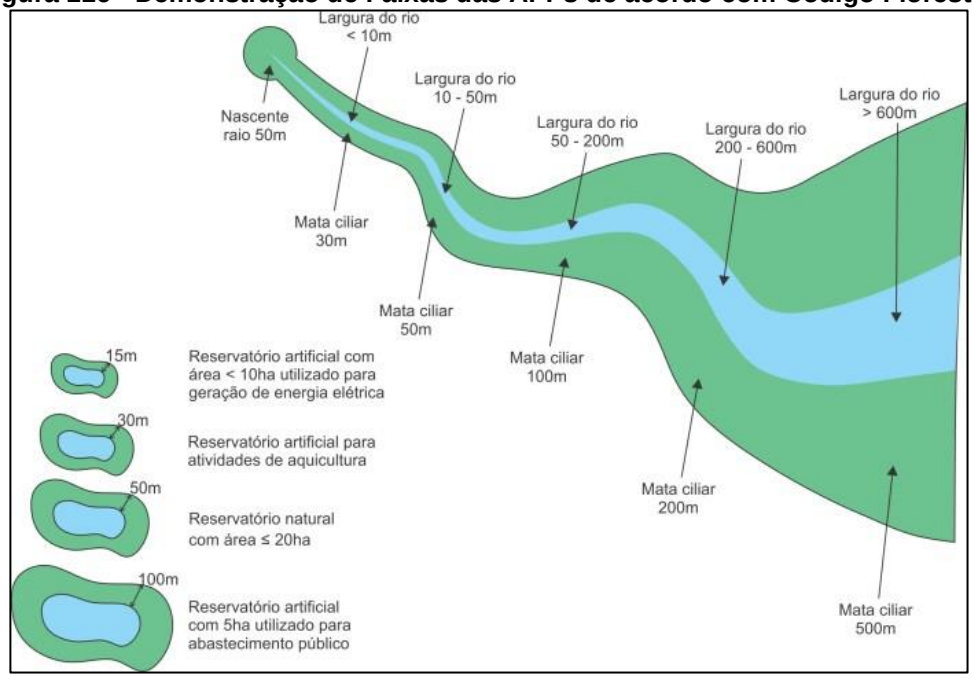
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.1.3. Recuperação de Matas Ciliares e APPs

A cidade possui um potencial de expansão da malha urbana, contudo esse crescimento deve ser planejado e organizado para evitar o incremento dos problemas de drenagem a jusante. Uma das maneiras de mitigar esses problemas é a recuperação das matas ciliares de acordo com a legislação pertinente para APPs, Lei n° 12.651 de 25 de maio de 2012 o novo Código Florestal Brasileiro.

A recuperação deve se atentar para o estabelecido na referida lei quanto o tamanho das faixas de proteção, a figura abaixo explicita a relação entre a largura do leito do rio e o tamanho da APP.

Figura 116 - Demonstração de Faixas das APPs de acordo com Código Florestal.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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.

O Município de Antônio Carlos é cortado pelo Ribeirão do Borda e o Ribeirão Bandeirinha, muitas propriedades estão regulares, de acordo com o Código Florestal, contudo, foram identificadas áreas que estão irregulares em função da proximidade com o corpo hídrico. Abaixo uma figura indicando uma área irregular na área urbana do município.

Figura 117 - Área irregular em Antônio Carlos.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.1.4. Utilização de Áreas Verdes para Controle Hidrológico

As áreas verdes de controle hidrológico são apresentadas por representarem 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.

O município de Antônio Carlos possui o terreno acidentado e o lençol freático profundo, portanto a capacidade de infiltração do solo é satisfatória. Segue abaixo um trecho de conscientização e um conjunto de maneiras para mitigar os alagamentos em centros urbanos.

> *"O conceito de cidade sustentável reconhece que a cidade precisa atender aos objetivos sociais, ambientais, políticos e culturais, bem como aos objetivos econômicos e físicos de seus cidadãos. É um organismo dinâmico tão complexo quanto à própria sociedade e suficientemente ágil para reagir com rapidez às suas mudanças que, num*

> *cenário ideal, deveria operar em ciclo de vida contínuo, sem desperdícios [...]. A cidade sustentável deve operar segundo um modelo de desenvolvimento urbano que procure balancear, de forma eficiente, os recursos necessários ao seu funcionamento, seja nos insumos de entrada (terra urbana e recursos naturais, água, energia, alimento, etc.), seja nas fontes de saída (resíduos, esgoto, poluição, etc.)." (BENINI, 2012 apud LEITE; AWAD, 2012, p. 135)*

• 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.

A relação entre diferentes áreas verdes e o espaço urbano, envolve a criação de uma estrutura verde formada pelas árvores na estrada, parques lineares e trechos de jardins pequenos para executar a função de corredor entre grandes parques e jardins conectando o ambiente natural envolventes nas cidades. (FALCÓN, 2007, p. 45 apud BENINI,2012).

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. (HERZOG, 2008, p. 17 apud BENINI, 2012). Abaixo vemos exemplos de corredores verdes.

Figura 118 - Exemplo de Corredores Verdes.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em conformidade com os apontamentos apresentados por Franco (2010), 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. (HERZOG, 2010b, p. 09 apud BENINI,2012).

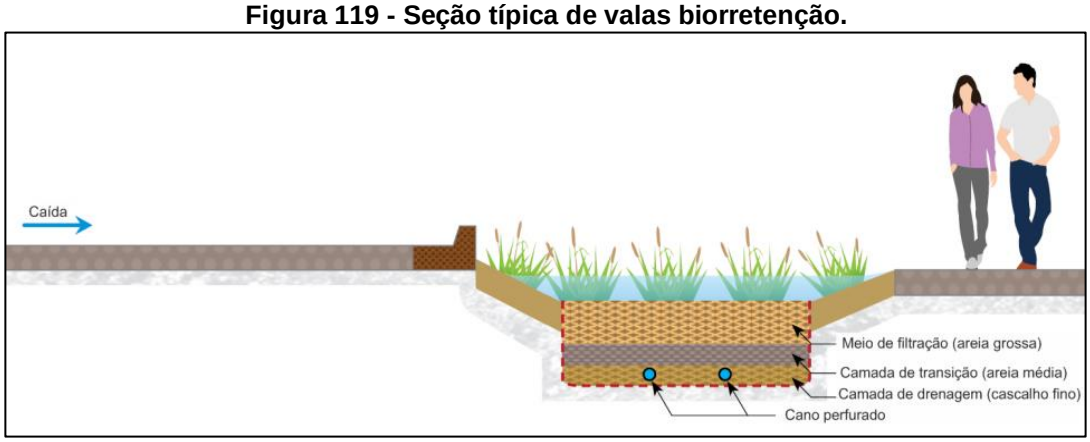
• Biovaleta

Para Cormier e Pellegrino (2008, p. 32) apud Benini (2012), 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.

> *"Desse modo, cabe aos jardins de chuva fazerem a maior parte do trabalho de infiltração no solo, mas a biovaleta também contribui, filtrando os poluentes trazidos pelo escoamento superficial ao longo de seu substrato e da vegetação implantada. A luz do sol, o ar e os microrganismos decompõem os poluentes que ficam retidos na vegetação. Eles são, geralmente, usados para tratar os escoamentos de ruas e de estacionamentos." (CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 132).*

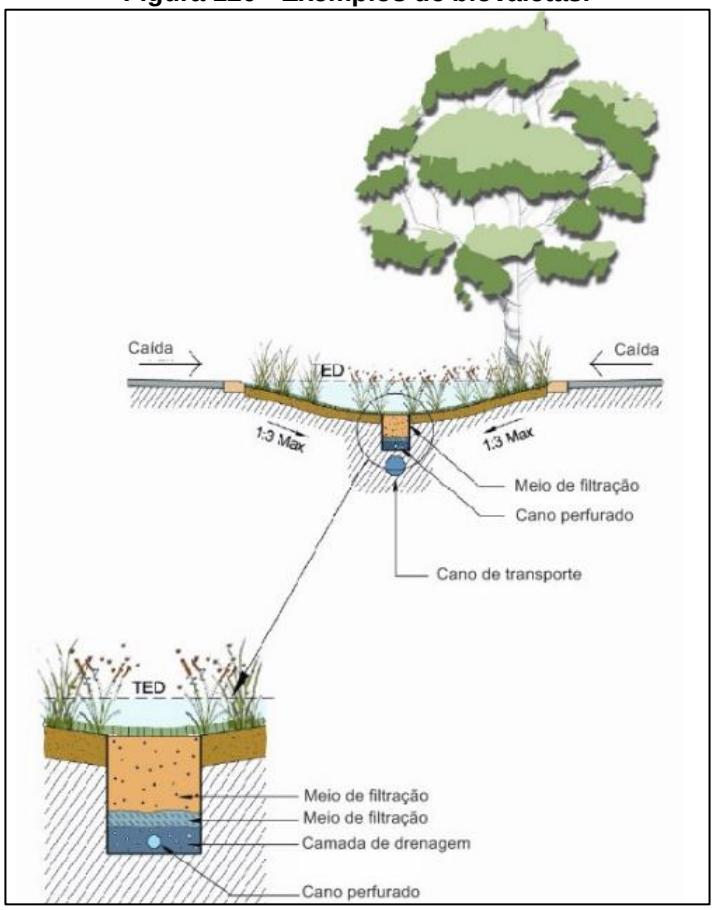
As Biovaletas são depressões lineares com vegetação, que limpam a água de chuva, podendo ser amplamente aplicadas para tratar o escoamento das estradas, parques de estacionamento, áreas residenciais, dentre outros, exemplo na figura.

Figura 119 - Seção típica de valas biorretenção.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 120 - Exemplos de biovaletas.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

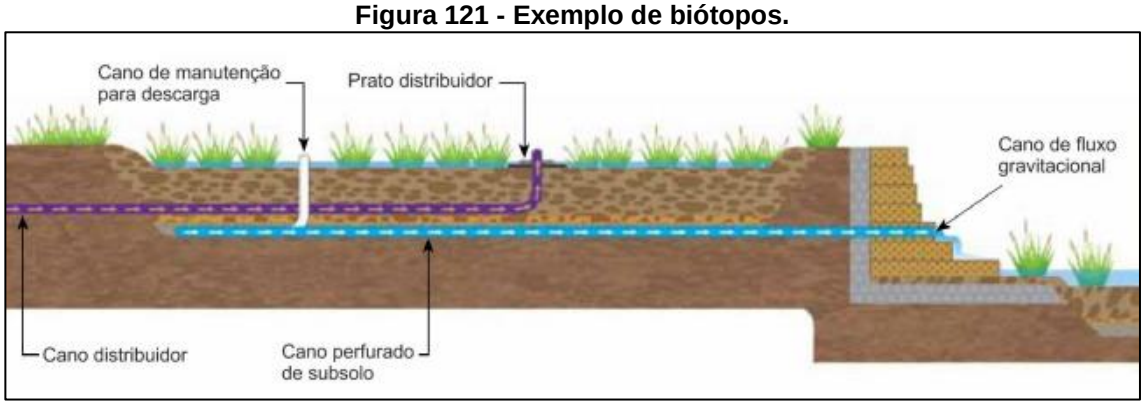
Portanto, as Biovaletas são uma alternativa que pode se tornar viável em cenários futuros, considerando o crescimento da população do Município de Antônio Carlos. A tipologia da infraestrutura verde ajuda a disciplinar as águas pluviais, assim como ajuda no processo de infiltração e limpeza de sedimentos 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 121 - Exemplo de biótopos.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.1.5. 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.

Figura 122 - Exemplo de caixa de expansão.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.1.6. 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 123 - Diques.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.1.7. Pôlderes

Um pôlder é uma porção de terreno baixo e plano construído de forma artificial, localizada entre aterros conhecidos como diques e, utilizado para a agricultura ou habitação. Nele, a drenagem das águas pluviais deve ser realizada por meio de canais com comportas e/ou bombas, a fim de impedir a subida excessiva da água no interior da área ensecada pelos diques. Essas estruturas estão entre as mais importantes técnicas clássicas da drenagem para controle de enchentes, utilizadas para proteger regiões baixas próximas a rios ou mares. Assim, regiões urbanas onde o rio antes extravasava, ou eram tomadas pelo mar, passam a estar “secas” para a ocupação humana.

Os pôlders são utilizados para proteger áreas restritas. A distinção entre diques e pôlders é que estes últimos utilizam uma estação de bombeamento para retirar as águas que chegam na área protegida durante uma enchente. Neste tipo de obra geralmente há necessidade de construir uma galeria com comportas reguláveis para evitar a entrada da água do rio principal na área protegida e propiciar a saída da água do ribeirão quando a situação é normal.

Figura 124 - Exemplos de Pôlder

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.1.8. Canais de Desvios

Canais de desvio servem para desviar parte da vazão da cheia do curso d'água principal, diminuindo assim a vazão do rio na zona que se deseja proteger. Neste tipo particular de obra em geral a água desviada não retorna mais ao canal principal, mas sim para um lago, um outro curso d'água ou diretamente ao mar.

O inconveniente deste tipo de obra está no fato que, subdividindo a vazão entre mais de um ramo, a velocidade d'água diminui, então se reduz a força de transporte dos materiais. Como consequência, haverá uma elevação do fundo do leito do rio devido ao assoreamento, que pode provocar o desaparecimento de todas as vantagens obtidas com a construção da obra. Por isto, estas obras devem ser projetadas com muita prudência.

Pode-se utilizar também a metodologia de canal paralelo, onde é utilizado quando, por diversas razões, não se pode incrementar a capacidade do canal principal. Neste tipo de obra a vazão é repartida em dois ou mais ramos, por um certo trecho, após o desvio a água retorna a escoar por um único canal. Assim, o nível da cheia do canal principal no trecho interessado diminui. Os inconvenientes deste tipo de obra são os mesmos descritos para o canal de desvio.

Outro canal muito utilizado é o canal extravasor. Este não é considerado como um canal de desvio ou paralelo. A diferença é que o canal extravasor é alimentado pelo rio somente durante as maiores cheias, quando a vazão na seção

do álveo em correspondência com o vertedor supera um valor pré-fixado e extravasa do canal principal.

Um canal extravasor é normalmente privado de água e permite o crescimento de vegetação, mas está sempre em condições de receber parte da vazão do rio, quando este supera o valor pré-fixado. Os mesmos inconvenientes dos canais de desvios e paralelos ocorrem também nos canais extravasores, mas com grau muito menor porque funcionam de um modo não contínuo. Por permanecer seco durante o período que não há cheias e permitir o crescimento de vegetações o canal extravasor é chamado também canal verde.

3.4.1.9. 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%;

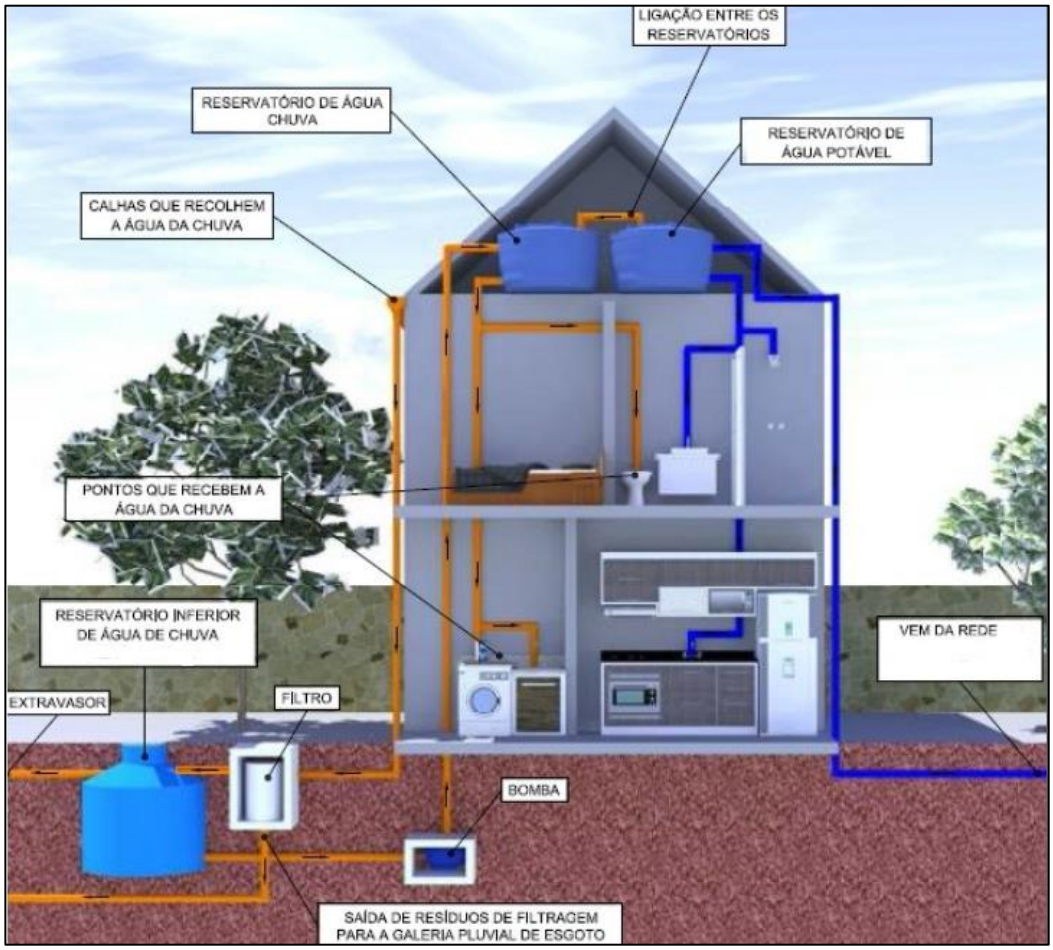
- Lagoas de infiltração: constituem-se de pequenas bacias de detenção especialmente projetadas que facilitam a infiltração pelo aumento do tempo de detenção. Possuem nível de água permanente e um volume de espera;
- Bacias de percolação: usadas desde a década de 70 para a disposição de águas de drenagem, 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 125 - Exemplos de controles na fonte.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em função da relevância dos reservatórios de detenção em lotes ou loteamentos urbanos como dispositivos de planejamento e controle de drenagem urbana, no Município de Antônio Carlos, deve-se criar uma lei 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 126 - Exemplos de reservatórios para água da chuva em imóveis residenciais.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 de Antônio Carlos, 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 caso de Antônio Carlos, 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. Para Antônio Carlos, 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 = 14,13 m^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. Sistemas de alerta e Previsão de inundações

O monitoramento em tempo real propicia 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 hidrometereológica 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:

1) 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;
2) Centro de Previsão: recepção e processamento de informações, modelo de previsão, avaliação e alerta;
3) Defesa Civil: programas preventivos: educação, mapa de alerta, locais críticos; alerta aos sistemas públicos: escolas, hospitais, infraestrutura;

alerta a 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 atuais características topográficas, climáticas e populacionais do Município de Antônio Carlos, não se torna viável a instalação de sistemas de alertas no momento atual. No entanto, tal possibilidade pode ser reavaliada em cenários futuros. Abaixo segue um exemplo de estação fluviométrica:

Figura 127 - Exemplo de Estação Fluviométrica Automática.

Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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

Com a finalidade de preservar os canais de micro e macrodrenagem da rede de Antônio Carlos, 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.

3.5. 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 52 - Ações para emergências e contingências referentes a ocorrência de alagamentos, inundações e enchentes.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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 Secretaria de Obras, 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.) (Secretaria de Obras).

	Deficiência ou inexistência de emissário.	Promover reestruturação/reforma/adaptação ou construção de emissários e dissipadores adequados nos pontos finais do sistema de drenagem urbana (Secretaria de Obras).
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 setor de assistência social para que sejam mobilizadas as equipes necessárias e a formação dos abrigos, quando necessários.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Tabela 53 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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 (Secretaria Municipal de Obras).
	Inexistência ou ineficiência de emissário e dissipadores de energia.	Recuperar e readequar os emissários e dissipadores de energia existentes (Secretaria de Obras).
		Recompor APP dos principais cursos hídricos, principalmente dos que recebem água do sistema de drenagem urbana (Secretaria de Obras).
	Inexistência de APP/áreas desprotegidas.	Ampliar a fiscalização e o monitoramento das áreas de recomposição de APP (Secretaria de Obras).
		Executar obras de contenção de taludes (Defesa Civil e Secretaria de Obras).

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Tabela 54 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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 Secretaria de Obras 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 (Secretaria de Obras).
		Ampliar a frequência de limpeza e manutenção das bocas de lobo, ramais e redes de drenagem urbana (Secretaria de Obras).

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.5.1. 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.

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.

3.5.1.1. 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 realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 55 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	**4**	**DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**					
OBJETIVO	**1**	**MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO**					
FUNDAMENTAÇÃO		O Município de Antônio Carlos não possui projetos ou mapeamento do sistema de drenagem urbana de águas pluviais. 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. E também, observou-se no município que ha a 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) Aumentar o mapeamento e o cadastramento para 100% do sistema de drenagem urbana.		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	Elaborar mapeamento e cadastramento/banco de dados do sistema de drenagem com o auxílio da ferramenta Sistema de Informações Georreferenciadas - SIG.	R$ 259.000,00	R$ 172.000,00		RP- FPU- FPR	R$ 60,00 / H.S. (6 e 4hrs por dia)	
4.1.2	Atualização e Manutenção BD.	R$ 33.600,00	R$ 33.600,00	R$ 100.800,00	RP - FPU	R$8.400 ano	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 292.600,00**	**R$ 205.600,00**	**R$ 100.800,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 599.000,00**	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.

3.5.1.1. 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 56 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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	Implantação de um Sistema de alerta e previsões de inundações, estabelecendo uma rede de transmissão de dados pluviométricos e fluviométricos às centrais de processamento e informação.	R$ 65.000,00			RP - FPU	Preço médio do mercado
4.2.5	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$ 315.400,00**	**R$ 150.400,00**	**R$ 451.200,00**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 917.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.

3.5.1.1. Objetivo 3 – Implementar Medidas Estruturais que Minimizem os Problemas de Drenagem Urbana

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 realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 57 - Tabela Síntese do Objetivo 3.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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		O município de Antônio Carlos não apresenta problemas graves relacionados com assoreamento ou erosão, contudo ressalta-se sobre a necessidade de uma frequência maior de limpeza e/ou manutenção no sistema de drenagem das águas pluviais, a fim de garantir o funcionamento adequado do sistema, aumentar a vida útil do equipamento e evitar problemas em cenários futuros. Torna-se de interesse a realização de estudos de identificação de locais com o sistema de drenagem deficitário, visando garantir a continuidade do serviço considerando a expansão da malha urbana.
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 projeto para implantação de dispositivos de controle de drenagem. 2) Promover a implementação e a correção nos locais que apresentam insuficiências ou deficiências nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão, enxurrada, correnteza de água e empoçamento, eliminando 40% das deficiências; 3) Recuperar as áreas de APP 25%.	4) Promover a correção nos locais que apresentam insuficiências ou deficiências nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão, enxurrada, correnteza de água e empoçamento, eliminando 70% das deficiências; 5) Obras do projeto para implantação de dispositivos de controle de drenagem; 6) Recuperar áreas de APP 50%;	7) Promover a correção nos locais que apresentam insuficiências ou deficiências nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão, enxurrada, correnteza de água e empoçamento, eliminando 100% das deficiências; 8) Obras do projeto para implantação de dispositivos de controle de drenagem; 9) Instalar equipamentos de convivência

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
4.3.1	Projeto executivo para rede pluvial na área urbana do Município e nos distritos de São Sebastião e Sá Fortes.	R$ 120.000,00			RP - FPU - FPR	Preço médio de mercado.

4.3.2	Promover limpeza e remoção de detritos acumulados nas tubulações e canais de drenagem de águas pluviais que impedem o fluxo contínuo de águas e reduzem a área útil da rede.	R$ 120.000,00	R$ 120.000,00	R$ 360.000,00	RP	R$ 30.000 por ano
4.3.3	Dimensionamento e Implantação de dispositivos de controle de drenagem como bacias de retenção, bacias de detenção e desvio de canais no distrito de São Sebastião.	R$ 200.000,00			RP - FPU - FPR	Preço médio de mercado.
4.3.4	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.
4.3.5	Recuperação das APPs degradadas e ações de reflorestamento de espécies nativas	R$ 100.000,00	R$ 100.000,00	R$ 400.000,00	RP - FPU - FPR	Preço médio de mercado.
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R$ 1.040.000,00	R$ 720.000,00	R$ 1.080.000,00	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 2.840.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023 Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.

3.5.1.1. 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 realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 58 - Tabela Síntese do Objetivo 4.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.

3.5.1.1. 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 realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 59 - Tabela Síntese do Objetivo 5.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - 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, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.

3.5.1. Análise Econômica.

A tabela síntese a seguir mostra os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 60 - Tabela Síntese dos Investimentos Necessários para o Setor 4.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO SETOR 4 DRENAGEM URBANA E O MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS (R$)				
OBJETIVOS	**PRAZOS**			**TOTAL GERAL**
	CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**	
MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO	R$ 292.600,00	R$ 205.600,00	R$ 100.800,00	**R$ 599.000,00**
IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	R$ 1.040.000,00	R$ 720.000,00	R$ 1.080.000,00	**R$ 2.840.000,00**
IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	R$ 315.400,00	R$ 150.400,00	R$ 451.200,00	**R$ 917.000,00**
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$ 1.850.800,00**	**R$ 205.600,00**	**R$ 100.800,00**	**R$ 5.010.000,00**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A figura abaixo mostra o gráfico a seguir ilustra a porcentagem de despesas por prazo de execução.

Figura 128 - Despesas por Prazo de Execução.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 promoção 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. Os 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 PREVISTOS PARA UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO

A tabela a seguir mostra os valores necessários para a universalização dos serviços de saneamento básico no município, bem como sua execução e manutenção, para os próximos vinte anos.

Tabela 61 - Análise Global.

EIXO	PRAZOS			TOTAL GERAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	
Sistema de Abastecimento de Água	**R$ 1.440.343,94**	**R$ 1.326.459,59**	**R$ 1.818.978,71**	**R$ 4.585.782,24**
Sistema de Esgotamento Sanitário	**R$ 935.450,96**	**R$ 6.036.106,82**	**R$ 7.015.800,00**	**R$ 13.987.357,78**
Sistema de Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos	**R$ 8.422.219,13**	**R$ 4.042.112,00**	**R$ 14.797.970,28**	**R$ 27.262.301,41**
Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais	**R$ 1.850.800,00**	**R$ 1.188.800,00**	**R$ 1.970.400,00**	**R$ 5.010.000,00**
TOTAL	**R$ 12.648.814,03**	**R$ 12.593.478,41**	**R$ 25.603.148,99**	**R$ 50.845.441,43**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021. São Paulo, 2021;

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Regiões hidrográficas. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regioes-hidrograficas. Acesso em: 10 de junho de 2022.

ATLAS BRASIL. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/310290

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR_15.112 a 15.116: Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de Transbordo e Triagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR_10.004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR_13.968: Embalagem Rígida Vazia de Agrotóxico – Procedimentos de Lavagem. Rio de Janeiro, 1997.

AYOADE, J. O. Introdução a Climatologia para os Trópicos. 4a Ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1996. 332 p.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 29-49, 2002.

BARROS, RT de V. et al. Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, v. 2, p. 221, 1995.

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. – São Paulo: Ícone. – 6ª edição p.17-173. 2005.

BRASIL. Lei n° 9.974, de 06 de junho de 2000. Brasília – DF, 06 de junho de 2000.

BRASIL. Lei n° 14.026, de 15 de julho de 2000. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Brasília – DF, 15 de junho de 2020.

BRASIL. Lei n° 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília – DF, 02 de agosto de 2010.

BRASIL. Lei n° 9.433, de 08 de janeiro de 1997**.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília – DF, 08 de janeiro de 1997.

CANÇADO, V. L. et al. Cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais: bases conceituais. Revista de Gestão de Águas da América Latina, v. 2, n. 1, p. 5-21, 2005.

CANHOLI, A. Drenagem urbana e controle de enchentes. Oficina de textos, 2014.

CARVALHO, P. Clima**.** Ageitec - Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CONT000fwc2vmaz02wyiv80166sqf14e0r8d.html#:~:text=Temperatura%20m%C3%A9dia%20anual%3A%2018%2C8,%C2%BAC%20(Gua%C3%ADra%2C%20PR)>. Acesso em: 2022.

CBH-SAPUCAÍ. Mapa das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais. 2002. Disponível em: http://www.cbhsapucai.org.br/Pagina.do@idSecao=37.html

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 006, de 19 de setembro de 1991. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 1991.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 362, de 23 de junho de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 2008.

DATASUS - **Tecnologia da Informação do Serviço Único de Saúde.** Disponível em: < http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/popmg.def >

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.

HORTON R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology, in Chow, Ven Te; Maidment, D. R; Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York. 1945.

GOMES, C. A.; BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Financiamento da drenagem urbana: uma reflexão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n. 3, p. 93-104, 2008.

IBGE. Bdia – Banco de dados de informações ambientais. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geologia>.

INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION – IWA. Disponível em: https://iwa-network.org/resources/.

LEI Nº 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 nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria da Consolidação n° 5 de setembro de 2017. Disponível em: http://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf.

MOURÃO, R. F.; SEO, E. S. M. LOGÍSTICA REVERSA DE LÂMPADAS FLUORESCENTES. Interfacehs, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 94-112, mar. 2012. Disponível em: https://www.ipen.br/biblioteca/2012/19127.pdf.

MUNICÍPIO DE ANDRELÂNDIA. Cidade Brasil. 22 de fevereiro de 2021. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio.html>.

NBR 10.844 - Instalações Prediais de Águas Pluviais. Disponível em: https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxnYWxlcmlhZGVwcm9qZXRvc2FycXVpdm98Z3g6NGY2Y2I4NzU1NjY2ZDZhZQ. Acesso em: junho de 2022.

PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO - PLANSAB. Brasília: Brasil, 2008.

POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Lei 9.433/1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.html.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO - PMSP. Hidráulica e Drenagem Urbana. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/normas_tecnicas/index.php?p=31338.

SANCHES, E. S. S. Logística reversa de pós-consumo do setor de lâmpadas fluorescentes In: Anais do Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 5, 2008. Salvador.

SANTOS, J. R. D. Regulação do saneamento básico no Brasil: os objetivos de política e as experiências nos municípios fluminenses. 2013.

SANTO ANDRÉ. Lei Municipal n.º 7.606, de 23 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a drenagem de águas pluviais. Diário Oficial do Grande ABC, São Paulo, p.12, 25 dez. 1997.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-esgoto/.

SUGUIO, K. Geologia Sedimentar. 1st Edition, Edgard Blucher, São Paulo, 400 p. 2003.

TASCA, F. A. Simulação de uma taxa para manutenção e operação de drenagem urbana para municípios de pequeno porte. 2016.

TUCCI, C. E. M. Impacto da Urbanização nas cheias urbanas e na produção de sedimentos. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, relatório de pesquisa FAPERGS, p. 120, 1995.

VILLELA, S.M. e MATTOS, A. Hidrologia aplicada. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 245 p. 1975.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG, 1996.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Department of Agriculture, Science and Education Administration, 1978.

WILKEN, P. S. Engenharia de Drenagem Superficial. São Paulo: CETESB p, 477, 1978.

ZAVARIS, C. Documento de recomendações a serem implementadas pelos órgãos competentes em todo território nacional relativas as lâmpadas com mercúrio. Disponível em: http://www.acpo.org.br/campanhas/mercurio/docs/recomendacoes_lampadas_hg.pdf