

# PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL



**Município de São Pedro – SP**



LÍDER  
ENGENHARIA &  
GESTÃO DE CIDADES

[www.liderengenharia.eng.br](http://www.liderengenharia.eng.br)  
[contato@liderengenharia.eng.br](mailto:contato@liderengenharia.eng.br)



---

**PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PEDRO - SP**

**ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL**

**RELATÓRIO FINAL**

**EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA**

**JOSÉ RUBENS FRANCO**

**PRESIDENTE DO SAAESP – SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DO  
MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO/SP**

---

## EMPRESA DE PLANEJAMENTO CONTRATADA



LÍDER  
ENGENHARIA &  
GESTÃO DE CIDADES

### EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES – LTDA

CNPJ: 23.146.943/0001-22

Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210.

CEP 14.020-250 – Ribeirão Preto/SP

[www.lidereengenharia.eng.br](http://www.lidereengenharia.eng.br)

## EQUIPE TÉCNICA

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

**Rafael Remoto Menezes**  
Engenheiro Ambiental  
CREA/SP 5063887557

**Osmani Vicente Jr.**  
Arquiteto e Urbanista  
CAU A23196-7

**Pedro Henrique Vicente**  
Engenheiro Civil  
CREA/SP 5070395829

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

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

**Carmen Cecília Marques Minardi**  
Economista  
CORECON/SP 36677

**Camilla Stephanie Oliveira**  
Engenheira Civil

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

**Juliano Yamada Rovigati**  
Geólogo  
CREA/PR 109.137/D

**Paulo Guilherme Fuchs**  
Administrador  
CRA/SC 21705

**Mike Martins Rodrigues**  
Engenheiro Ambiental

**Paula Evaristo dos Reis de Barros**  
Advogada  
OAB/MG 107.935

**Carolina Bavia Ferrucio Bandolin**  
Assistente Social  
CRESS/PR 10.952

---

## GRUPO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO

**Luís Carlos Piedade**

Secretário de Obras, Meio Ambiente e Serviços Públicos

**Rogério Bosqueiro Júnior**

Secretário Especial de Meio Ambiente e Agricultura

**Tiago de Mattos Seydell**

Consultor Engenharia SAAESP

**Daniel Vieira de Campos**

Engenheiro Civil SAAESP

**Leandro Biral**

Engenheiro Agrônomo – Casa da Agricultura

**Paula Gonçalves da Fonseca e Souza**

Engenheira Ambiental - SEMAGRI

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO.....</b>	<b>25</b>
1.1.	Aspectos Regionais, Localização e Acesso .....	25
1.2.	Histórico.....	31
1.3.	Estradas Rurais .....	32
1.4.	Aspectos Ambientais .....	35
1.4.1.	Clima	35
1.4.2.	Precipitação e Temperatura	40
1.4.3.	Levantamento da Rede Hidrográfica do Município	41
1.4.4.	Geologia	44
1.4.5.	Geomorfologia	46
1.4.6.	Declividade	48
1.4.7.	Solo	49
1.4.8.	Vegetação	51
1.5.	Uso e Cobertura do Solo .....	55
1.5.1.	Cemitérios	59
1.6.	Aspectos Socioeconômicos .....	61
1.6.1.	Densidade Demográfica	61
1.6.2.	Distribuição Etária por Gênero	61
1.6.3.	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM	63
1.6.4.	Educação	64
1.6.5.	Saúde	66
1.6.6.	Razão de Dependência, Taxa de Mortalidade e Esperança de Vida	67
1.7.	Economia.....	68
1.7.1.	Produto Interno Bruto (PIB)	71
1.7.2.	Vulnerabilidade Social	73
1.8.	Estudo Populacional da Zona Rural .....	74
1.9.	Principais Fontes Sobre as Políticas Nacionais de Saneamento Básico	76
1.10.	Programas Existentes no Município de Interesse de Saneamento Básico	80
1.11.	Possibilidade de Consórcio com Municípios da Região .....	82

1.12.	Bairros Rurais de São Pedro .....	83
<b>2.</b>	<b>LEVANTAMENTO DE DADOS .....</b>	<b>146</b>
<b>3.</b>	<b>DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL .....</b>	<b>149</b>
3.1.	Sistema de Abastecimento de Água.....	150
3.1.1.	Identificação de Mananciais para Abastecimento Futuro	152
3.1.1.1.	Mananciais Superficiais .....	152
3.1.1.2.	Mananciais Subterrâneos .....	155
3.1.2.	Regulação de Uso dos Recursos Hídricos	158
3.1.2.1.	Segurança Hídrica .....	162
3.1.3.	Descrição dos Sistemas de Abastecimento de Águas Atuais	163
3.1.4.	Panorama da Situação Atual dos Sistemas Existentes	171
3.1.4.1.	Abastecimento de Água .....	171
3.1.4.1.1.	Poços rasos ou profundos	174
3.1.4.1.2.	Nascente ou mina	183
3.1.4.1.3.	Armazenamento	185
3.1.4.2.	Tratamento e Qualidade da Água .....	190
3.1.5.	Análise Crítica do Sistema de Abastecimento de Água de São Pedro	194
3.2.	Sistema de Esgotamento Sanitário.....	195
3.2.1.	Características Gerais dos Sistemas Individuais de Esgotamento Sanitário	201
3.2.1.1.	Fossa Rudimentar.....	201
3.2.1.2.	Fossa Séptica .....	203
3.2.1.3.	Biodigestor .....	204
3.2.2.	Análise Crítica do Sistema de Esgotamento Sanitário de São Pedro.	204
3.3.	Sistema de Manejo dos Resíduos Sólidos .....	204
3.3.1.	Resíduos Sólidos Domiciliares - RDO	206
3.3.2.	Resíduos de Atividades Agrícolas e Pecuárias	211
3.3.3.	Resíduos da Construção Civil - RCC	214
3.3.4.	Resíduos Orgânicos	216
3.3.5.	Coleta Seletiva	216
3.3.6.	Pontos de Descarte Irregular	218

3.3.7.	Análise Crítica do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos	220
3.4.	Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais .....	220
3.4.1.	Caracterização das Microbacias de Influência na Zona Rural	225
3.4.1.1.	Análise Morfométrica .....	228
3.4.1.2.	Análise Linear .....	230
3.4.1.3.	Análise Areal .....	231
3.4.1.4.	Análise Hipsométrica .....	233
3.4.2.	Estudos Hidrológicos	234
3.4.2.1.	Índices Físicos .....	235
3.4.2.2.	Cobertura do Solo .....	236
3.4.2.3.	Chuvas Intensas .....	239
3.4.2.4.	Métodos para Cálculos da Vazão .....	240
3.4.2.4.1.	Método I-PAI-WU	242
3.4.3.	Unidades de Conservação e sua Influência sobre os Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais	245
3.4.3.1.	Descrição das Unidades de Conservação no Município de São Pedro	246
3.4.3.1.1.	Área de Proteção Ambiental – Corumbataí, Botucatu e Tejuπά – Perímetro Botucatu	246
3.4.3.1.2.	Área de Proteção Ambiental – Tanquã – Rio Piracicaba	249
3.4.3.1.3.	Área de Proteção Ambiental – Barreiro Rico	251
3.5.	Drenagem das Águas Pluviais Associada às Estradas Rurais .....	253
3.6.	Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais .....	260
3.7.	Erosão .....	262
3.8.	Análise Crítica do Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais	265
<b>4.</b>	<b>PROGNÓSTICO, OBJETIVOS E METAS .....</b>	<b>266</b>
4.1.	Sistema de Abastecimento de Água - SAA .....	266
4.2.	Projeção de Demanda .....	267
4.2.1.	Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada	271

4.2.2. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Abastecimento de Água	271
4.2.2.1. Objetivo 1 – Implementar Medidas de Proteção para Nascentes e Garantir a Segurança Hídrica.....	271
4.2.2.2. Objetivo 2 – Adequação dos Sistemas de Reservação nas Propriedades Rurais	275
4.2.2.3. Objetivo 3 – Implementar o Tratamento de Água e Regularizar a Proximidade de Poços Próximos a Fontes de Contaminação.....	277
4.2.3. Análise Econômica	279
4.3. Sistema de Esgotamento Sanitário.....	280
4.3.1. Projeção da Vazão Anual de Esgoto	280
4.3.2. Cargas de Concentração	283
A. Matéria Orgânica – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	284
4.3.3. Comparação das Alternativas de Tratamento dos Esgotos	285
4.3.4. Definições de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada	287
4.3.5. Sistemas Individuais	287
A. Descrição de Tecnologias Sociais de Saneamento Básico .....	294
B. Fossas Sépticas Biodigestora - FSB .....	295
C. Círculo de Bananeiras .....	297
D. Tanques de Evapotranspiração - TEvap .....	298
4.3.6. Ações de Emergência e Contingência	300
4.3.7. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Esgotamento Sanitário	303
4.3.7.1. Objetivo 1 – Substituição dos sistemas individuais inadequados .....	303
4.3.7.2. Objetivo 2 – Garantir a Manutenção Adequada das Fossas nas Propriedades Rurais para Mitigar Odor e Impactos Ambientais.....	306
4.3.8. Análise Econômica	309
4.4. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos .....	310
4.4.1. Estimativa da Produção de Resíduos Sólidos com base nos Resultados dos Estudos Demográficos	310

4.4.2. Procedimentos Operacionais e Especificações Mínimas a Serem Adotadas nos Serviços Públicos de Manejo dos Resíduos Sólidos, Incluindo a Disposição Final Ambientalmente Adequada dos Rejeitos	312
A. Contratos e Controle dos Serviços .....	313
B. Coleta Convencional de Resíduos Sólidos .....	313
C. Estimativas de quantidades a serem coletadas por setores .....	314
D. Regularidade, Frequência e Setorização da Coleta .....	315
E. Acondicionamento e Apresentação para a Coleta .....	315
F. Veículos para a Coleta Convencional de Resíduos Sólidos .....	317
G. Coleta Seletiva .....	318
H. Formas de Execução da Coleta Seletiva .....	321
4.4.3. Destinação Final	324
A. Destinação Final dos Resíduos da Coleta Seletiva .....	327
B. Destinação Final do RDO da Área Rural .....	328
4.4.4. Resíduos da Construção Civil e Volumosos	328
4.4.5. Resíduos Agrossilvopastoris e Resíduos da Logística Reversa Obrigatória	329
4.4.6. Medidas de Redução, Reutilização, Coleta Seletiva e Reciclagem, entre outras, com vistas a Reduzir a Quantidade de Rejeitos Encaminhados para Disposição Final Ambientalmente Adequada	330
A. Resíduos Recicláveis .....	330
B. Resíduos Orgânicos .....	332
4.4.7. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Manejo dos Resíduos Sólidos na Área Rural	334
4.4.8. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos da Área Rural	335
4.4.8.1. Objetivo 1 – Aprimoramento da Coleta Convencional de RDO .....	335
4.4.8.2. Objetivo 2 – Aprimoramento da Gestão de Resíduos da Construção Civil, Volumosos e Recicláveis .....	338
4.4.9. Análise Econômica	341
4.5. Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais .....	341
4.5.1. Medidas Estruturais	342

A.	Medidas de Controle para Redução do Assoreamento .....	342
B.	Reservatórios e Bacias de Retenção ou Detenção .....	344
C.	Recuperação de Matas Ciliares a APP's .....	345
D.	Paliçadas para o Controle Erosivo .....	347
4.5.2.	Medidas Não Estruturais .....	348
A.	Medidas de Controle para Reduzir o Lançamento de Resíduos nos Corpos D'água .....	349
B.	Educação Ambiental .....	349
4.5.3.	Ações de Emergência e Contingência .....	350
4.5.4.	Objetivos, Programas, Projetos e Ações .....	351
4.5.4.1.	Objetivo 1 – Ações estruturais que minimizem os problemas no sistema de drenagem pluvial .....	352
4.5.4.2.	Objetivo 2 – Ações Não Estruturais que Minimizem os Problemas no Sistema de Drenagem Pluvial .....	355
4.5.5.	Análise Econômica .....	357
<b>5.</b>	<b>FONTES DE FINANCIAMENTO .....</b>	<b>358</b>
5.1.	Recursos Ordinários .....	359
5.2.	Recursos Extraordinários .....	360
5.3.	Programas de Financiamento Reembolsáveis .....	360
5.3.1.	Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDS .....	360
5.3.2.	Banco do Brasil - BB .....	360
5.3.3.	Caixa Econômica Federal - CAIXA .....	361
5.3.4.	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID .....	361
5.3.5.	Banco Mundial – The World Bank .....	361
5.4.	Programas de Financiamento Não Reembolsáveis .....	362
5.4.1.	Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA .....	362
5.4.2.	Fundo Brasileiro de Educação Ambiental - FunBEA .....	362
5.4.3.	Ministério da Saúde .....	363
5.4.4.	Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental .....	363
5.4.5.	Ministério da Justiça – Fundo de Direito Difuso - FDD .....	363
5.4.6.	Fundo Nacional de Compensação Ambiental - FNCA .....	364

---

5.4.7. Fundo Vale	365
5.5. Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO .....	366
<b>6. ANÁLISE GLOBAL DOS INVESTIMENTOS .....</b>	<b>367</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>368</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização de São Pedro. ....	26
Figura 2 - Acessos de São Pedro.....	27
Figura 3 – Mapa de imóveis cadastrados no CAR de São Pedro. ....	29
Figura 4 – Mapa do Plano Diretor de São Pedro.....	30
Figura 5 – Mapa de acesso e das principais estradas da área rural do município de São Pedro. ....	34
Figura 6 - Zoneamento climático do Estado de São Paulo. ....	38
Figura 7 - Mapa de classificação climática de São Pedro. ....	39
Figura 8 - Bacias do Estado de São Paulo.....	41
Figura 9 - Mapa de hidrografia de São Pedro. ....	43
Figura 10 - Geologia de São Pedro.....	45
Figura 11 – Mapa geomorfológico do município de São Pedro.....	47
Figura 12 – Mapa de pedologia de São Pedro. ....	50
Figura 13 - Abrangência dos biomas brasileiros. ....	51
Figura 14 – Mapa de fitofisionomias de São Pedro.....	53
Figura 15 – Mapa de remanescentes de vegetação de São Pedro.....	54
Figura 16 - Evolução do uso e cobertura do solo do Brasil (1985 a 2022). ....	56
Figura 17 - Mapa de uso e cobertura do solo de São Pedro. ....	58
Figura 18 - Posição do IDH do município no Estado.....	64
Figura 19 - Empregados por setor econômico de São Pedro. ....	69
Figura 20 - Produção agrícola de São Pedro (2022).....	69
Figura 21 - Distribuição de empregos por gênero. ....	70
Figura 22 - Estabelecimentos por tamanho.....	71
Figura 23 - Evolução do PIB de São Pedro.....	72
Figura 24 - Mapa de localização de São Pedro.....	84
Figura 25 – Localização do Assentamento Rosa de Saron.....	85
Figura 26 - Acesso principal ao Assentamento Rosa de Saron. ....	86
Figura 27 - Estradas rurais dentro do Assentamento Rosa de Saron. ....	86
Figura 28 - Imóveis rurais do Assentamento Rosa de Saron. ....	88
Figura 29 – Localização do bairro dos Gomes.....	91

Figura 30 - Igreja e principal acesso para o bairro dos Gomes.....	92
Figura 31 - Vista para os imóveis do bairro dos Gomes.....	93
Figura 32 - Ponte cruzando riacho no bairro dos Gomes.....	94
Figura 33 - Imagens diversas do bairro dos Gomes.....	95
Figura 34 – Localização do bairro dos Veronezes. ....	99
Figura 35 - Acesso principal ao bairro dos Veronezes. ....	100
Figura 36 - Imóveis.....	101
Figura 37 – Localização do bairro Bar do Neguinho. ....	105
Figura 38 - Acesso ao bairro Bar do Neguinho. ....	106
Figura 39 - Restaurante. ....	107
Figura 40 - Imóveis localizados no bairro Bar do Neguinho.....	107
Figura 41 - Estradas rurais dentro do bairro Bar do Neguinho.....	110
Figura 42 – Localização do bairro Estrada do Palmital. ....	111
Figura 43 - Acesso principal ao bairro Estrada do Palmital.....	112
Figura 44 - Estradas rurais dentro do bairro Estrada do Palmital.....	112
Figura 45 - Entrada de propriedades rurais no bairro Estrada do Palmital.....	114
Figura 46 - Imóveis localizados no bairro Estrada do Palmital.....	115
Figura 47 – Localização do bairro Família Dorigon.....	117
Figura 48 - Acesso principal ao bairro Família Dorigon.....	118
Figura 49 - Estradas rurais no bairro Família Dorigon.....	118
Figura 50 - Imóveis localizados no bairro Família Dorigon.....	120
Figura 51 - Corpo hídrico localizado no bairro Família Dorigon. ....	123
Figura 52 - Lavoura de cana no bairro Família Dorigon. ....	124
Figura 53 - Descarte irregular de resíduos sólidos na entrada do bairro Família Dorigon. ....	124
Figura 54 – Localização do bairro Família Santo André.....	125
Figura 55 - Estradas rurais dentro do bairro Família Santo André. ....	126
Figura 56 - Corpo hídrico dentro do bairro Família Santo André.....	127
Figura 57 - Imóveis no bairro Família Santo André. ....	128
Figura 58 – Localização do Rancho Tanquã.....	131
Figura 59 - Entrada principal de acesso ao Rancho Tanquã. ....	132
Figura 60 - Estradas rurais presentes no Rancho Tanquã.....	133

Figura 61 - Ranchos.....	134
Figura 62 - Ponto de descarte irregular de resíduos sólidos. ....	139
Figura 63 – Localização do Rancho Tanquã 2. ....	140
Figura 64 - Estrada principal de acesso ao Rancho Tanquã 2.....	141
Figura 65 - Capela.....	141
Figura 66 - Ranchos.....	142
Figura 67 - Distribuição dos questionários de São Pedro/SP.....	148
Figura 68 - Formas de abastecimnto de água da zona rural do Bioma Mata Atlântica. ....	151
Figura 69 - Formas de abastecimento de água da zona rural do Bioma Cerrado. .....	151
Figura 70 - Nascentes de São Pedro/SP. ....	154
Figura 71 - Aquífero de São Pedro/SP.....	156
Figura 72 - Tendência das demandas outorgadas por tipo. ....	159
Figura 73 - Tendência das demandas outorgadas por finalidade.....	160
Figura 74 - Outorgas catalogadas pelo DAEE (Ano base 2024). ....	161
Figura 75 - Evolução das formas de abastecimento de água nas propriedades rurais brasileiras.....	163
Figura 76 – Exemplo de Poço Raso.....	165
Figura 77 - Diferença de profundidade de coleta do poço profundo.....	166
Figura 78 - Exemplo de nascente.....	167
Figura 79 - Represas utilizadas para abastecimento de água na zona rural..	168
Figura 80 - Exemplo de caminhão pipa.....	169
Figura 81 - Exemplo de aproveitamento de água das chuvas.....	170
Figura 82 - Poço com altura na abertura visando impedir entrada de águas pluviais.....	179
Figura 83 – Reservatório elevado ligado a encanamentos na área rural de São Pedro. ....	188
Figura 84 - Tipo de esgotamento sanitário da zona rural do Bioma Mata Atlântica. ....	195
Figura 85 - Tipo de esgotamento sanitário da zona rural do Bioma Cerrado.	196
Figura 86 - Localização das propriedades que utilizam fossas rudimentares.	199

Figura 87 – Fossa rudimentar na área rural do município de São Pedro. ....	202
Figura 88 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas.....	203
Figura 89 - Evolução das formas de destinação de resíduos sólidos nos domicílios rurais brasileiros.....	205
Figura 90 - Lixeiras suspensas para acondicionamento de resíduos em São Pedro. ....	208
Figura 91 - Propriedades com práticas de queima dos resíduos sólidos em São Pedro. ....	210
Figura 92 - Exemplo de biodigestor.....	212
Figura 93 - Registros fotográficos de pontos de descarte irregular de resíduos sólidos.....	219
Figura 94 - Situação dos imóveis rurais em relação ao eixo de drenagem das águas pluviais (considerando a delimitação de rural do PNSR). ....	221
Figura 95 - Propriedades que afirmaram problemas com alagamento nas redondezas. ....	224
Figura 96 - Especificações do MDE. ....	226
Figura 97 - Microbacias de influência na zona rural do município de São Pedro .....	227
Figura 98 - Hierarquia fluvial. ....	229
Figura 99 - Cobertura do solo das microbacias de influência direta na zona rural de São Pedro. ....	237
Figura 100 - Determinação da largura média da bacia. ....	243
Figura 101 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).....	244
Figura 102 - Área de Proteção Ambiental - Corumbataí, Botucatu e Tejuπά – Perímetro Corumbataí.....	248
Figura 103 - Área de Proteção Ambiental – Tanquã – Rio Piracicaba. ....	250
Figura 104 - Área de Proteção Ambiental – Barreiro Rico. ....	252
Figura 105 – Erosão em São Pedro. ....	253
Figura 106 – a) Pedras utilizadas para o melhoramento da via carreadas pela água da chuva. ....	254
Figura 107 - Estrutura da ponte danificada. ....	255
Figura 108 - Força da água erodindo o barranco. ....	255

Figura 109 - Principais estradas rurais localizadas em São Pedro. ....	259
Figura 111 - Modelo esquemático de telhado coletor de águas pluviais. ....	261
Figura 112 - Cisterna de superfície para armazenamento de águas pluviais. ....	261
Figura 113 – Sistema de irrigação de culturas agrícolas por gotejamento utilizando águas pluviais. ....	262
Figura 114 - Exemplo de ravinas.....	264
Figura 115 - Exemplo de voçoroca.....	264
Figura 116 - Exemplo de Sistema Descentralizado.....	285
Figura 117 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado.....	286
Figura 118 - Sistema individual de tratamento - Fossas Sépticas.....	289
Figura 119 - Sistema individual de tratamento - Valas de Infiltração.....	290
Figura 120 - Sistema individual de tratamento – Sumidouros. ....	291
Figura 121 - Estação compacta de tratamento de esgoto sanitário. ....	292
Figura 122 - Esquema de Fossa Séptica Biodigestora. ....	296
Figura 123 - Exemplos de Fossas Sépticas Biodigestora. ....	297
Figura 124 - Esquema de Círculo de Bananeiras.....	297
Figura 125 - Exemplos de Círculo de Bananeiras. ....	298
Figura 126 - Esquema de um Tanque de Evapotranspiração - TEvap.....	299
Figura 127 - Exemplo de Tanque de Evapotranspiração - TEvap.....	300
Figura 128 - Exemplo de trator agrícola com caçambas. ....	317
Figura 129 - Recipientes para a coleta seletiva.....	320
Figura 130 - Etapas do processo de reciclagem dos materiais. ....	327
Figura 131 – Método “Super R” de compostagem (composteira doméstica). ....	333
Figura 132 - Esquema do processo de assoreamento. ....	343
Figura 133 - Exemplo de bacia de retenção em área rural.....	345
Figura 134 - Demonstração das faixas de App's de acordo com o código florestal. ....	346
Figura 135 - Exemplo de aplicação de paliçadas.....	348

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Precipitação em São Pedro.....	41
Tabela 2 - Classes de declividade com indicações gerais da adequabilidade e restrições para o planejamento.....	48
Tabela 3 - Uso e cobertura do solo de São Pedro. ....	57
Tabela 4 - Série histórica do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH.....	63
Tabela 5 - Censo Escolar de 2023 para o município.....	64
Tabela 6 – Estrutura etária da população do Município de São Pedro. ....	67
Tabela 7 – Taxa de mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer em São Pedro. ....	68
Tabela 8 - Vulnerabilidade social do Município de São Pedro. ....	73
Tabela 9 – População rural do Município de São Pedro. ....	74
Tabela 10 – Projeção da população rural de São Pedro de 2024 até 2044. ....	76
Tabela 11 – Vantagens e desvantagens para as fontes de obtenção de água .....	172
Tabela 12 - Hierarquia do fluxo de drenagem computado. ....	228
Tabela 13 – Dados extraídos das microbacias.....	233
Tabela 14 - Tempo de Concentração para as microbacias rurais de São Pedro. ....	236
Tabela 15 - Classes de cobertura do solo das microbacias analisadas. ....	238
Tabela 16 - Previsão de máximas intensidades de chuvas (mm/h). ....	239
Tabela 17 - Valores para determinação de C2.....	244
Tabela 18 - Vazões para diferentes Tempos de Retorno pelo Método I-PAI-WU. ....	245
Tabela 19 – Dados das propriedades rurais para realização dos cálculos de investimentos. ....	266
Tabela 20 - Demandas para o Sistema de Abastecimento de Água. ....	269
Tabela 21 - Tabela Síntese do Objetivo 1. ....	273
Tabela 22 - Tabela SINAPI para a construção de mureta de proteção ao redor dos poços.....	274
Tabela 23 - Tabela Síntese do Objetivo 2. ....	276
Tabela 24 - Tabela Síntese do Objetivo 3. ....	278

Tabela 25 - Análise de Investimentos nos Sistemas de Abastecimento de Água. .....	279
Tabela 26 - Projeção da geração de esgoto nas propriedades rurais. ....	281
Tabela 27 - Valores de Cargas Orgânicas de DBO. ....	284
Tabela 28 - Ações de emergência e contingência para contaminação por fossas. ....	302
Tabela 29 - Tabela Síntese do Objetivo 1. ....	304
Tabela 30 - Tabela Síntese do Objetivo 2. ....	307
Tabela 31 - Análise de investimento nos sistemas de esgotamento sanitário. .....	309
Tabela 32 - Estimativa da geração total, reciclados e compostáveis. ....	312
Tabela 33 - Cores de identificação de resíduos sólidos. ....	319
Tabela 34 - Forma de Segregação dos resíduos sólidos. ....	320
Tabela 17 - Vantagens e desvantagens. ....	323
Tabela 18 - Tipos de resíduos, origem e responsabilidade. ....	326
Tabela 37 - Ações de Emergência e Contingência - Resíduos Sólidos. ....	334
Tabela 38 - Tabela Síntese do Objetivo 1. ....	337
Tabela 39 - Tabela Síntese do Objetivo 2. ....	339
Tabela 40 - Análise de investimento no Gerenciamento de Resíduos Sólidos. .....	341
Tabela 41 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos. ....	351
Tabela 42 - Tabela Síntese do Objetivo 1. ....	353
Tabela 43 - Tabela Síntese do Objetivo 2. ....	356
Tabela 44 - Análise de investimento no Sistema de Drenagem. ....	357
Tabela 45 - Análise Global. ....	367

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Média de temperaturas e precipitação em São Pedro.....	40
Gráfico 2 - Pirâmide etária por gênero do município de São Pedro. ....	62
Gráfico 3 - Educação no município de São Pedro.....	65
Gráfico 4 – Comparativo de fluxo escolar entre Brasil, São Paulo (UF) e São Pedro. ....	66
Gráfico 5 – Composição do PIB de São Pedro (2020). ....	72
Gráfico 6 - Evolução da população do Município de São Pedro. ....	75
Gráfico 1 - Formas de obtenção de água na zona rural de São Pedro. ....	171
Gráfico 2 – Finalidade do uso de água da zona rural.....	174
Gráfico 3 – Poço está afastado a pelo menos 15m de possíveis fontes de contaminação.....	175
Gráfico 4 – O Poço está localizado em um nível superior ao da fossa? .....	176
Gráfico 5 – Poço revestido internamente com tijolos ou por meio de anéis de concreto. ....	176
Gráfico 6 – Ao redor do poço sofre alagamento quando chove. ....	177
Gráfico 7 – Possui proteção ao redor da abertura do poço.....	178
Gráfico 8 – Poço é protegido por tampa.....	180
Gráfico 9 – A tampa está íntegra e veda totalmente o poço. ....	180
Gráfico 10 – A tampa está em boas condições.....	181
Gráfico 11 – É feito algum tratamento para desinfecção da água dentro do poço. ....	182
Gráfico 12 – Foi construída na nascente caixa com alvenaria com tampa. ...	184
Gráfico 13 – A vegetação próxima da nascente está preservada. ....	185
Gráfico 14 – Existe armazenamento de água na propriedade. ....	186
Gráfico 15 – A água é armazenada em caixa d'água com tampa.....	187
Gráfico 16 – Reservatório é elevado e ligado a encanamento e torneiras. ....	188
Gráfico 17 – Usa tonéis, latões ou galões para armazenar a água.....	189
Gráfico 18 - Usam recipientes para a recolha de água dos reservatórios baixos. ....	190
Gráfico 19 – Costuma ter problemas com a qualidade da água que utilizam. ....	191

Gráfico 20 – Percebeu alteração na cor, odor, sabor ou na transparência da água.....	192
Gráfico 21 – Recebeu orientação de como fazer o tratamento da água que consome. ....	193
Gráfico 22 – A água para consumo doméstico é devidamente tratada com cloro ou fervida. ....	193
Gráfico 23 – Já foi realizado análise da água.....	194
Gráfico 24 – Onde vai o esgoto do imóvel na área rural do município. ....	197
Gráfico 25 - A limpeza da fossa é feita periodicamente? .....	200
Gráfico 26 – Na sua rua, você sente cheiro de esgoto?.....	201
Gráfico 27 - Propriedades da zona rural que possuem coleta de RDO.....	207
Gráfico 28 - Propriedades rurais de São Pedro que utilizam lixeira suspensa para armazenamento do lixo.....	208
Gráfico 29 – Diferentes finalidades do RDO nas propriedades rurais de São Pedro. ....	209
Gráfico 30 - Propriedades que possuem hortas ou outro tipo de plantação... ..	213
Gráfico 31 - Propriedades que utilizam insumos agrícolas na zona rural de São Pedro. ....	214
Gráfico 32 – Sabe o que é coleta seletiva.....	217
Gráfico 33 – Realiza a coleta seletiva. ....	218
Gráfico 34 – Sistema de Manejo das Águas Pluviais. ....	222
Gráfico 35 - Ocorrência de alagamentos próximos às propriedades entrevistadas.....	223
Gráfico 36 - Vazões de projeto (m <sup>3</sup> /s) das microbacias de influência na área rural de São Pedro.....	245
Gráfico 37 - Estado de conservação das estradas municipais de acordo com os municípios.....	257
Gráfico 38 – Estado de conservação das estradas particulares de acordo com os municípios.....	257
Gráfico 39 – Estado de conservação das estradas de servidão de acordo com os municípios.....	258

---

Gráfico 40 - Identificação de pontos de erosão próximos às propriedades rurais de São Pedro.....	263
Gráfico 47 - Vazão média L/s para toda a população rural.....	270
Gráfico 48 - Investimentos por prazo de execução.....	279
Gráfico 49 - Volume diário de esgoto gerado na área rural de São Pedro.....	282
Gráfico 50 - Investimentos por prazo de execução.....	309
Gráfico 51 - Investimentos por prazo de execução.....	341
Gráfico 52 - Investimentos por prazo de execução.....	357

## APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrante à elaboração do Plano Municipal de Saneamento Rural de São Pedro - SP, referente ao contrato nº 04/24.

A elaboração do Plano Municipal de Saneamento Rural – PMSR, abrange o conjunto de serviços de infraestruturas e instalações dos setores de saneamento básico rural, que, por definição, engloba o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de resíduos sólidos a drenagem e o manejo de águas pluviais rurais.

O Plano Municipal de Saneamento Rural – PMSR de São Pedro visa estabelecer um planejamento das ações de saneamento na área rural do Município, atendendo aos princípios da Política Nacional de Saneamento Básico - Lei nº 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.

Vale ressaltar que, além de ser um dispositivo de planejamento, a elaboração do PMSR é peça fundamental na promulgação e incentivo à integração de visão dos diferentes atores em relação aos serviços de saneamento em áreas rurais.

## INTRODUÇÃO

A abordagem ao planejamento de ações voltadas para o saneamento básico em áreas rurais tem enfrentado vários desafios que impõem dificuldades a sua consolidação e obstáculos a sua incorporação nos municípios. Os objetivos do PMSR devem estar sintonizados com a Lei nº 11.445 de 2007 que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, atualizada pelo Novo Marco Legal do Saneamento, Lei 14.026 de 2020 e do Plansab de 2013.

Entendendo saneamento básico rural como o desenvolvimento de ações que busca a universalização do acesso, através de estratégias que garantam a equidade, a integralidade, a intersetorialidade, a sustentabilidade dos serviços, em presença de participação e de controle social.

O planejamento estratégico pressupõe uma visão prospectiva da área e itens de planejamento, por meio de instrumentos de análise e antecipação, de forma coletiva, mediante informações construídas durante a elaboração do diagnóstico do cenário atual da área rural do município de São Pedro.

O seguinte documento apresenta o Relatório Final do PMSR de São Pedro – SP.

## 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 São Pedro, 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.

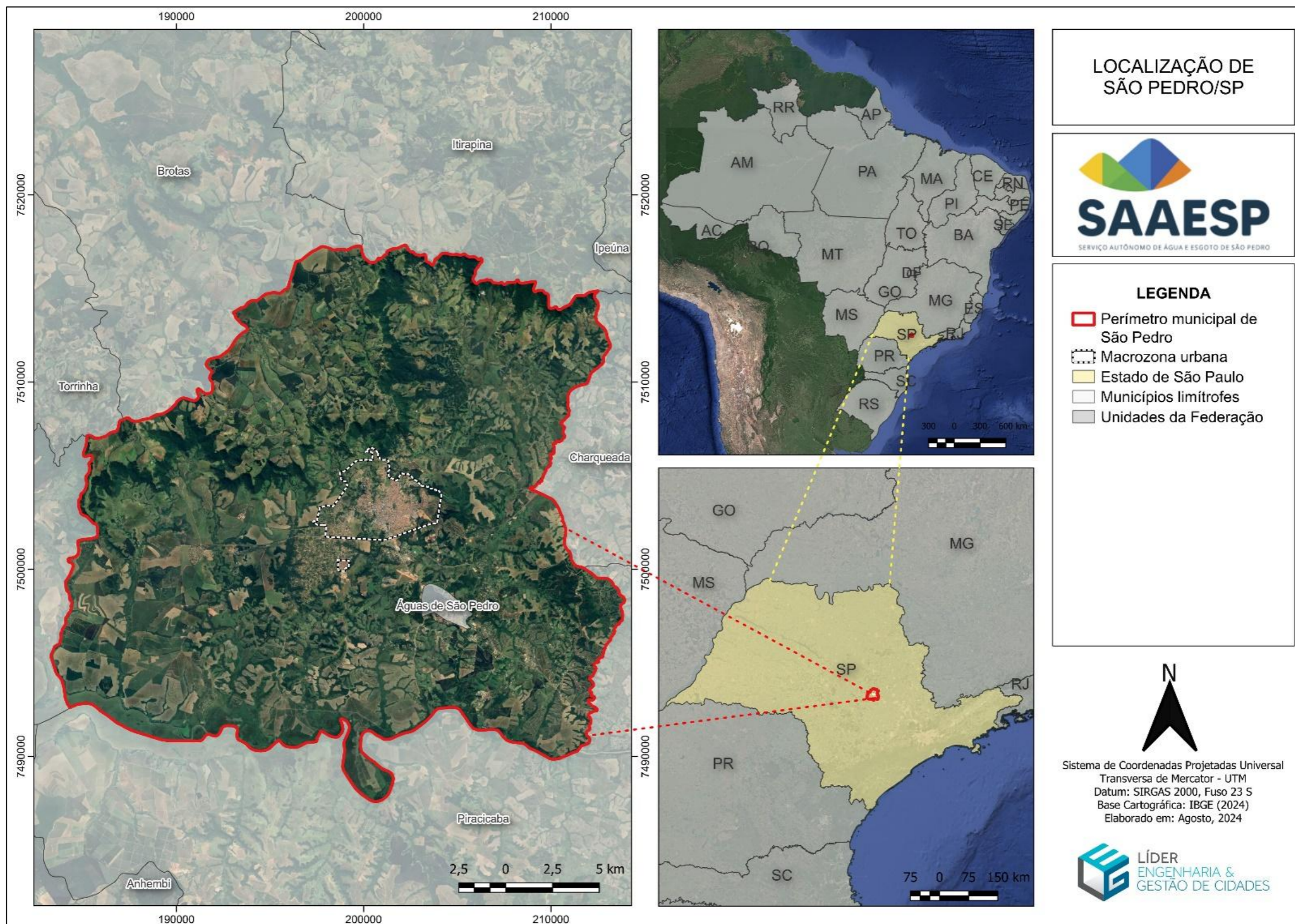
### 1.1. Aspectos Regionais, Localização e Acesso

O município de São Pedro é situado no Estado de São Paulo, a 550 metros de altitude, nas coordenadas geográficas de latitude 22°32'55" a Sul e longitude 47°54'50" a Oeste de Greenwich. Está a 192 km de distância da capital do Estado de São Paulo, e a 892 km de distância da capital do país, Brasília.

A área territorial do município corresponde a aproximadamente 611,29 km<sup>2</sup> e de acordo com o SEADE, a população estimada no último Censo de 2022 eram de 38.684 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 63,28 hab/km<sup>2</sup>. Já para a zona rural, São Pedro conta com 591,63 Km<sup>2</sup> de área de abrangência, totalizando uma população estimada em 4.119 habitantes conforme apontado pelo portal SEADE do Governo do Estado de São Paulo. Neste sentido, a densidade demográfica para a área rural é de 6,96 hab/Km<sup>2</sup>. Por último, a população urbana de São Pedro apresentou no último censo o número de 34.565 habitantes inseridos em uma área de apenas 19,66 km<sup>2</sup>, indicando a proporção de 1.758,13 hab/km<sup>2</sup>.

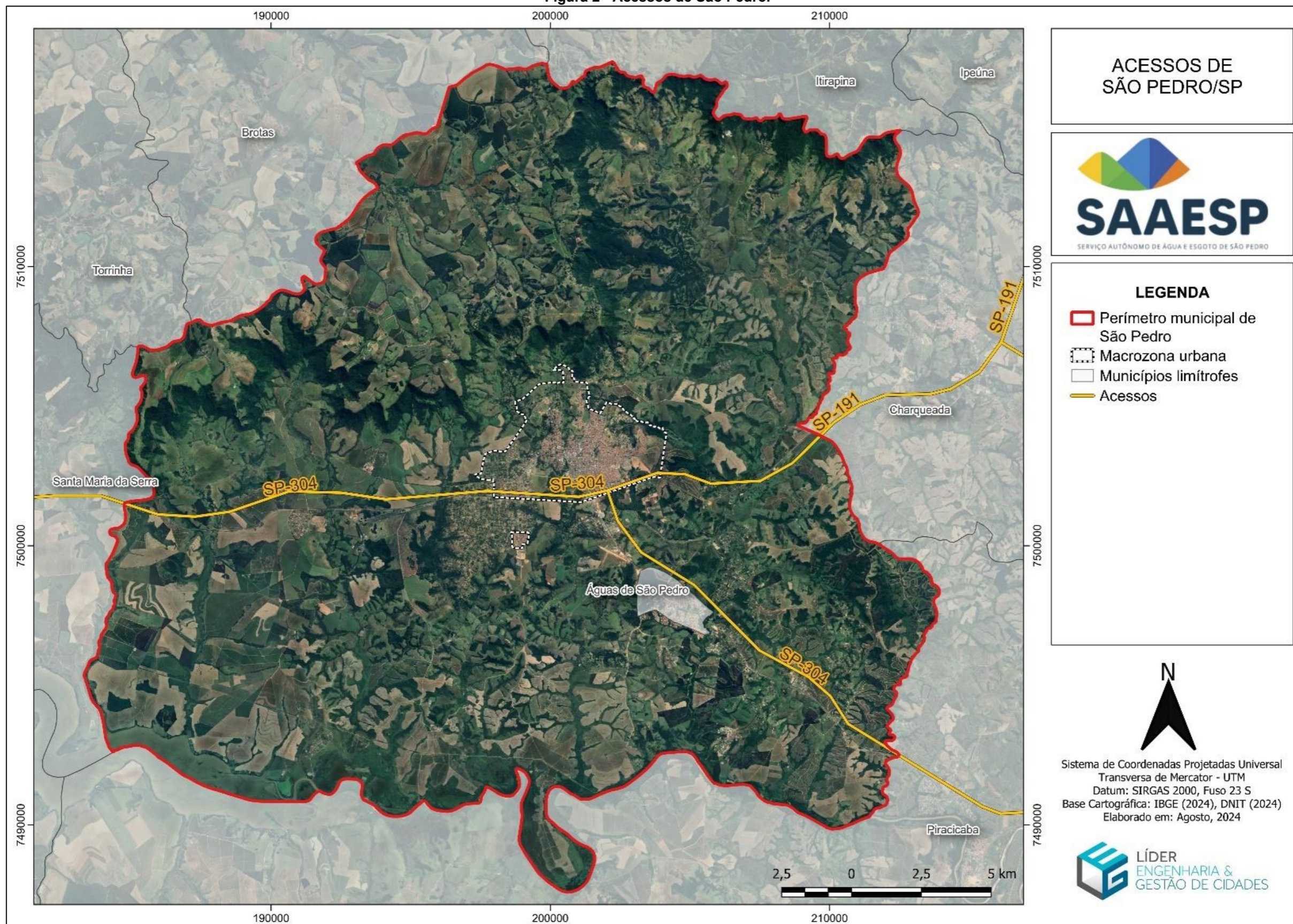
Os habitantes nascidos no município possuem o gentílico de são-pedrense. Os municípios limítrofes, são: Águas de São Pedro, Piracicaba, Santa Maria da Serra, Torrinha, Brotas, Itirapina e Charqueada. As principais vias de acesso ao município de São Pedro são pelas rodovias estaduais SP – 191 e a SP – 304. Os mapas abaixo apresentam a localização do município de São Pedro, bem como seus principais acessos.

Figura 1 - Localização de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 2 - Acessos de São Pedro.



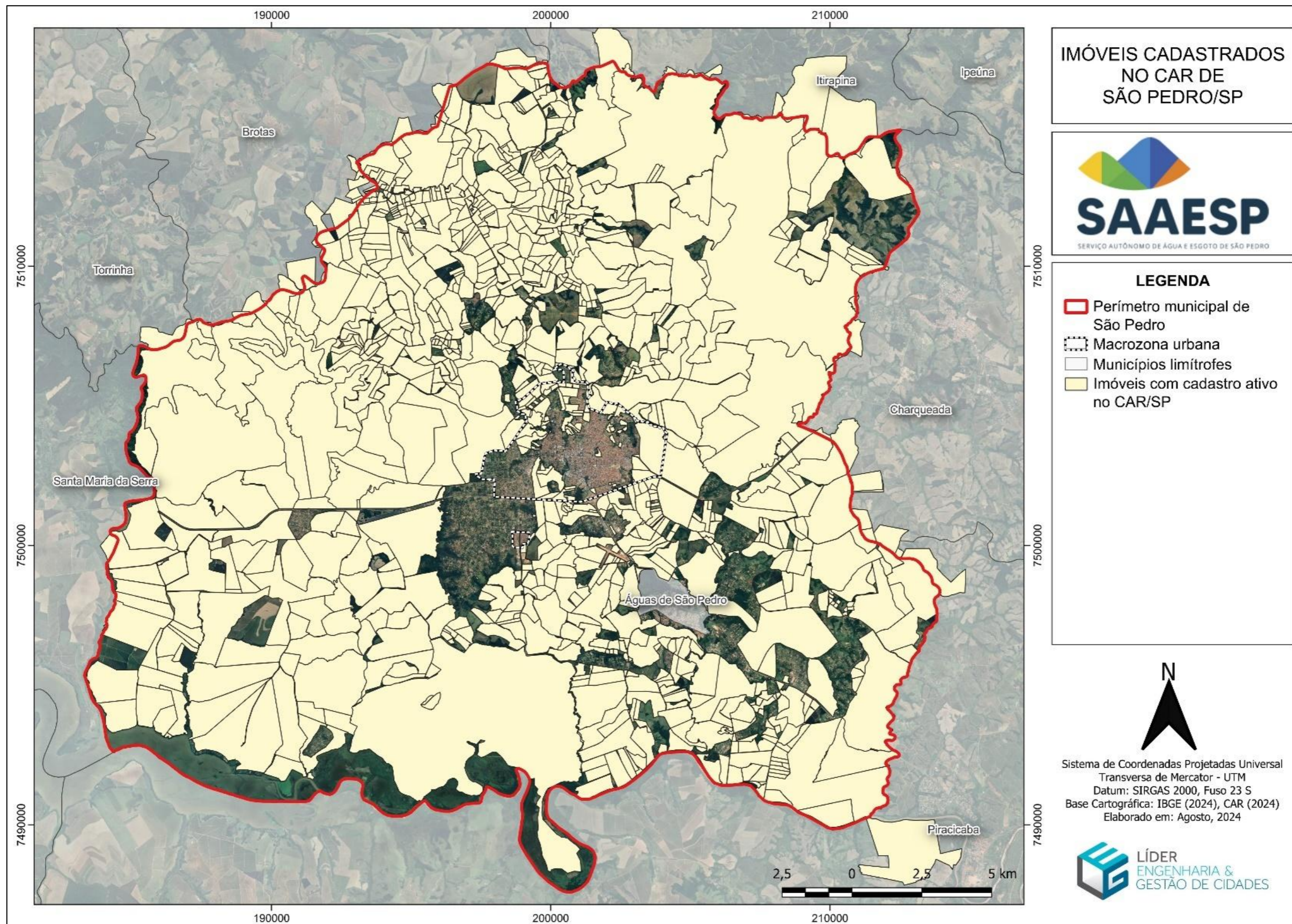
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Criado pela Lei nº 12.651/2012, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA) e regulamentado pela Instrução Normativa MMA nº 2 de 5 de maio de 2014, o Cadastro Ambiental Rural (CAR) é um registro público eletrônico de abrangência nacional.

Este registro é obrigatório para todos os imóveis rurais e tem como objetivo integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais. Essas informações incluem Áreas de Preservação Permanente (APP), áreas de uso restrito, Reserva Legal, remanescentes de florestas, demais formas de vegetação nativa e áreas consolidadas. A base de dados do CAR é essencial para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico.

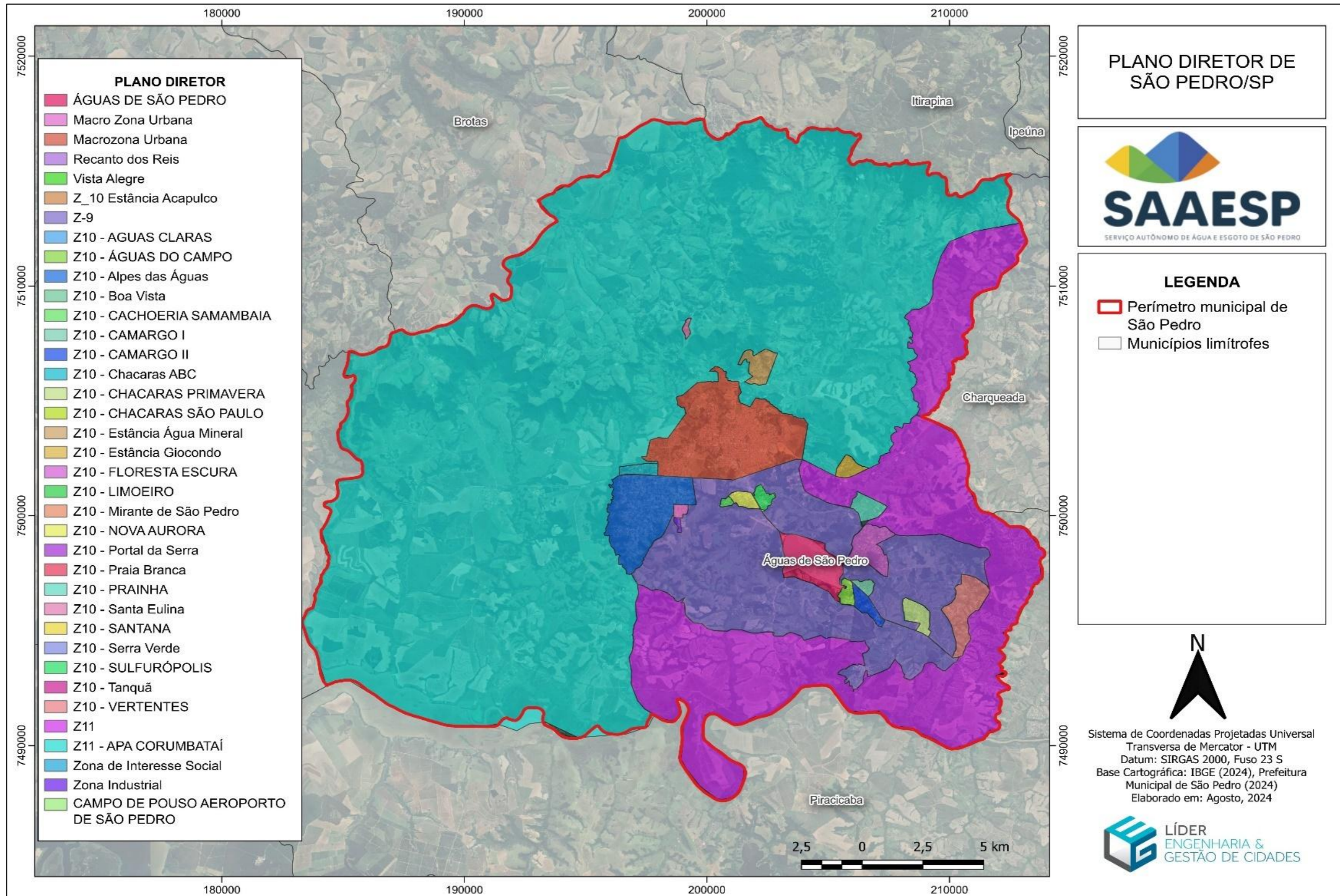
No que tange ao município de São Pedro, de acordo com a base cartográfica disponibilizada pelo CAR, atualmente encontram-se cadastrados 1.028 imóveis rurais. O município de São Pedro apresenta Plano Diretor, instituído pela Lei Complementar nº 67 de 29 de dezembro de 2010. Tanto o mapa do CAR quanto o do Plano Diretor serão apresentados a seguir.

Figura 3 – Mapa de imóveis cadastrados no CAR de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 4 – Mapa do Plano Diretor de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## 1.2. Histórico

O vale do médio Tietê foi uma região de grande interesse para os desbravadores vindos de Itu. Entre eles, destacam-se três irmãos da família Teixeira de Barros – Joaquim, José e Luiz – que adquiriram a Sesmaria do Pinheiros, onde hoje se localiza o município de São Pedro. Ao se estabelecerem na região, trouxeram consigo seus familiares, escravos, empregados e demais agregados, contribuindo para o início do povoamento local.

A trilha conhecida como Picadão, aberta em 1725, atravessava essa região, ligando São Paulo às minas de Cuiabá. A rota era perigosa, cercada por tribos indígenas, como os temidos paiaguás, que frequentemente atacavam os viajantes. Para proteger os que percorriam o caminho, o governo da Província estabeleceu pousos ao longo da trilha. Um desses pousos, o Pouso do Picadão, situava-se onde hoje está o centro histórico de São Pedro, em uma colina entre os ribeirões Pinheiro e Samambaia, facilitando o acesso à água e aos recursos para os tropeiros.

Os irmãos Teixeira de Barros, ao adquirirem a Sesmaria do Pinheiro, tinham a obrigação de formar um povoado, o que incluía a construção de uma capela dedicada a São Sebastião, o que foi prontamente feito por Joaquim, o mais velho dos irmãos. O povoado, inicialmente conhecido como Capela do Picadão, logo teve seu nome alterado para Capela de São Pedro, em homenagem ao novo padroeiro escolhido pela comunidade local. O crescimento do povoado atraiu outras famílias, o que impulsionou a expansão das fazendas e das casas ao redor da capela, resultando na elevação do local à categoria de Freguesia em 1864.

Com a chegada do Padre Aurélio Votta em 1867 e, posteriormente, do Barão de Iguape em 1875, São Pedro continuou a se desenvolver. A Freguesia foi elevada à categoria de Vila em 1879, e, dois anos depois, conquistou sua emancipação político-administrativa de Piracicaba. No final do século XIX, a cidade prosperou com a imigração italiana e o crescimento da produção cafeeira, que trouxe importantes melhorias urbanas.

No entanto, com a crise de 1929, a economia local entrou em declínio, e novas atividades, como o bordado em ponto de cruz e a exploração das águas medicinais, surgiram como alternativas econômicas. Hoje, São Pedro é uma

estância turística, conhecida por seu clima agradável, belezas naturais e rica herança cultural (Prefeitura Municipal de São Pedro, 2024).

### 1.3. Estradas Rurais

As estradas rurais são importantes para o desenvolvimento econômico e social das áreas rurais. Elas permitem o acesso a mercados, serviços, escolas e hospitais, além de facilitar o transporte de mercadorias e pessoas. Manter as estradas rurais em boas condições é essencial para garantir a segurança dos motoristas e pedestres, além de facilitar o acesso aos serviços.

As estradas rurais também devem ser mantidas em boas condições para evitar a erosão do solo e a degradação do meio ambiente. Alguns dos benefícios de manter as estradas rurais em boas condições incluem:

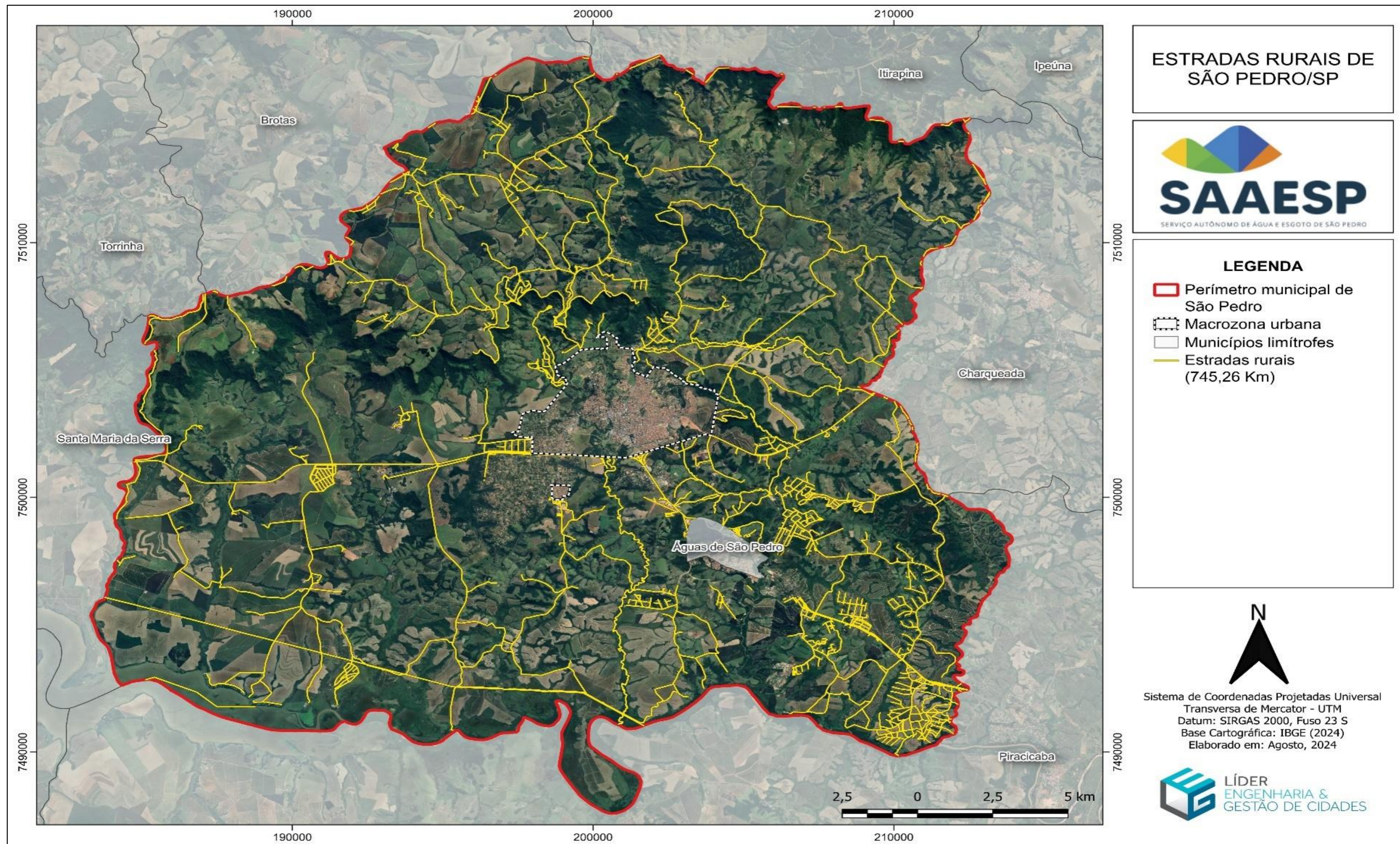
- **Segurança:** estradas rurais em boas condições são mais seguras para motoristas e pedestres. Elas permitem que os motoristas dirijam em velocidades mais baixas e com mais visibilidade, o que reduz o risco de acidentes;
- **Acesso aos serviços:** estradas rurais em boas condições permitem que as pessoas tenham acesso a mercados, serviços, escolas e hospitais. Isso melhora a qualidade de vida das pessoas que vivem nas áreas rurais;
- **Transporte de mercadorias:** estradas rurais em boas condições facilitam o transporte de mercadorias, o que estimula o desenvolvimento econômico das áreas rurais;
- **Preservação do meio ambiente:** estradas rurais em boas condições ajudam a preservar o meio ambiente, pois evitam a erosão do solo.

Os custos de manutenção das estradas rurais são relativamente baixos, quando comparados aos benefícios que elas proporcionam. Por isso, é importante investir na manutenção das estradas rurais, para garantir a segurança e o desenvolvimento das áreas rurais.

---

No que tange ao município de São Pedro, por meio de manipulação de dados por geoprocessamento, foram identificadas 745,26 Km de estradas rurais, conforme exposto pelo mapa abaixo.

Figura 5 – Mapa de acesso e das principais estradas da área rural do município de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## 1.4. Aspectos Ambientais

### 1.4.1. 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 18°C. 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  $-3^{\circ}\text{C}$  e  $18^{\circ}\text{C}$  no mês mais frio;
- D** - com temperatura média abaixo de  $-3^{\circ}\text{C}$  o mês mais frio e temperatura média maior do que  $10^{\circ}\text{C}$  para o mês mais quente;
- E** - temperatura média menor do que  $10^{\circ}\text{C}$  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 São Pedro. 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.

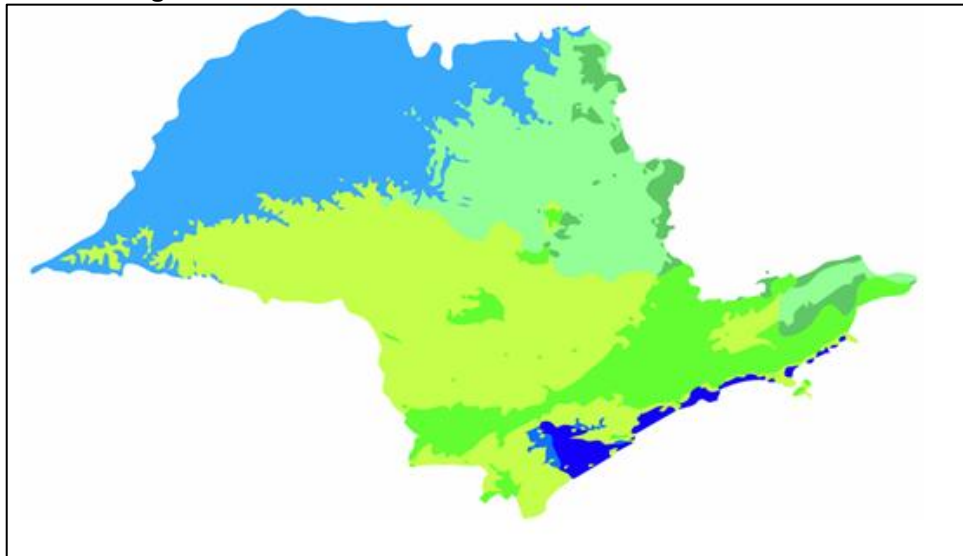
Desta forma, primeiramente, será demonstrado abaixo a classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de São Paulo. Sendo que, o Estado apresenta sensível variedade de climas e está dividido conforme as quatro seguintes classificações:

- **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  $18^{\circ}\text{C}$ , 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 27°C. 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 esta classificação ocorre é o interior da Região Nordeste;
- **CwA - Clima subtropical de inverno seco:** com temperaturas inferiores a 18°C e verão quente com temperaturas superiores a 22°C;
- **CwB - Clima subtropical de altitude:** com inverno seco e verão ameno e temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C.

A figura abaixo mostra o Estado de São Paulo segundo a classificação de Köppen-Geiger.

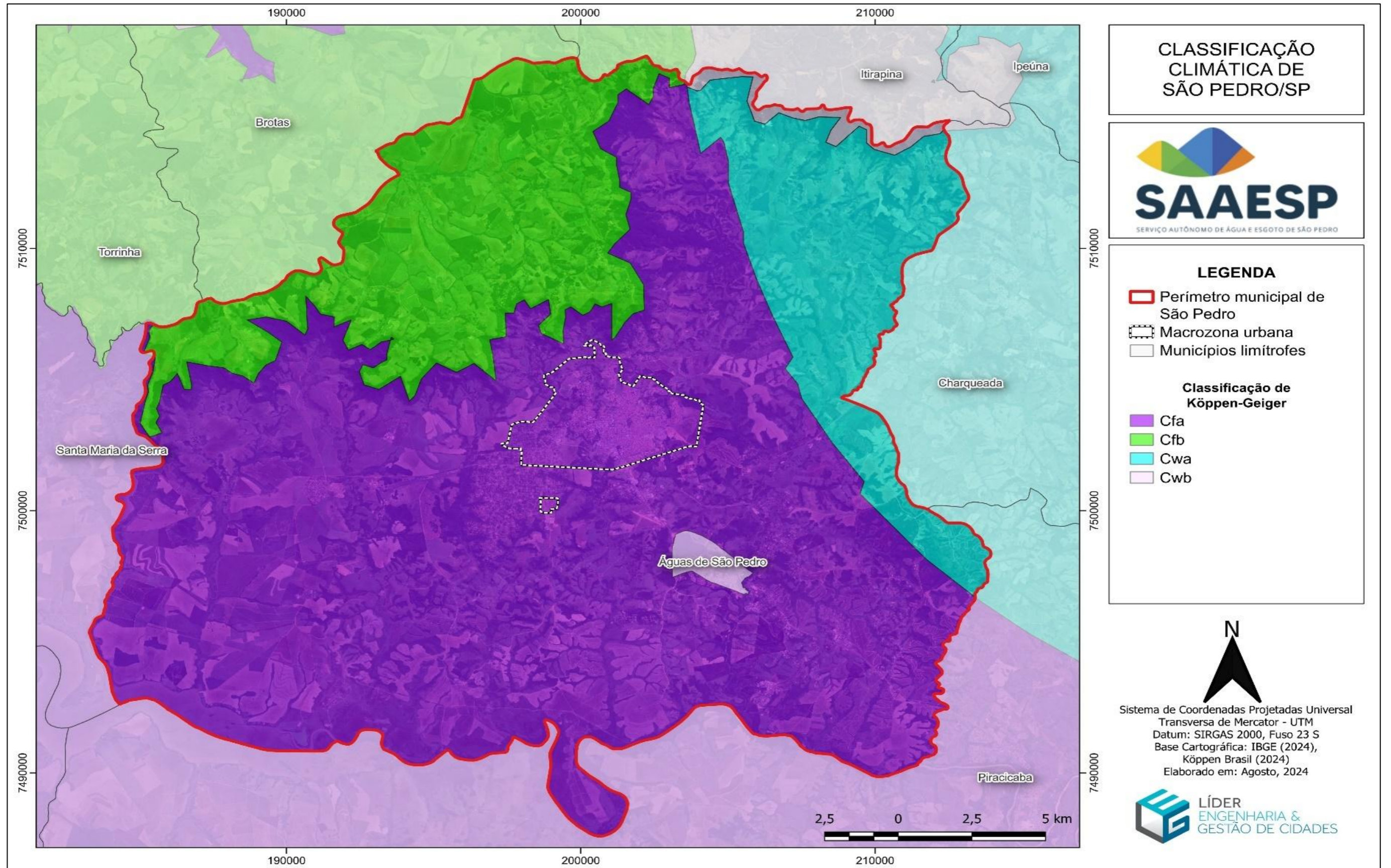
Figura 6 - Zoneamento climático do Estado de São Paulo.



Fonte: Sistema de Monitoramento Agrometeorológico, SMA, Fundação ABC, 2024.

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o município de São Pedro apresenta a predominância de Cfa (Clima subtropical, com verão quente), mas também com ocorrência de Cfb (Clima temperado, com verão ameno), Cwa (Clima subtropical de inverno seco) e uma pequena parte de Cwb (Clima subtropical de altitude, com inverno seco e verão ameno), conforme exposto pelo mapa abaixo.

Figura 7 - Mapa de classificação climática de São Pedro.



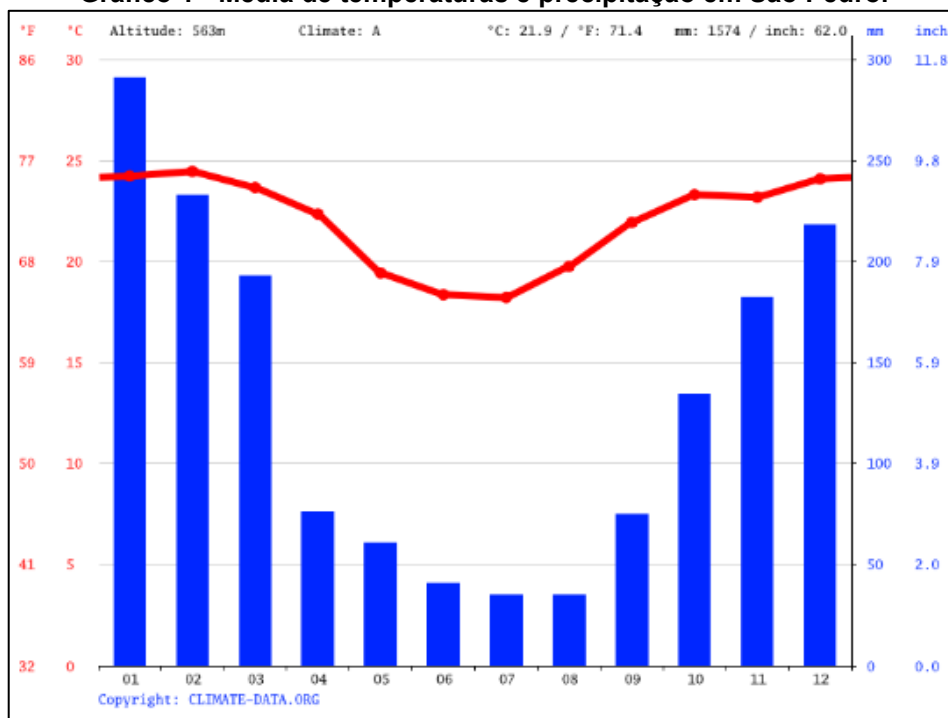
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## 1.4.2. Precipitação e Temperatura

No Estado de São Paulo, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima recebe várias caracterizações, como já demonstrado anteriormente, com clima subtropical úmido, savana tropical, oceânico, floresta tropical e monção tropical dependendo da região do estado.

No município de São Pedro a temperatura média anual é de 21,9°C. Sendo assim, através do gráfico abaixo é possível observar estas variações de temperatura no município.

Gráfico 1 - Média de temperaturas e precipitação em São Pedro.



Fonte: CLIMATE-DATA, 1991-2024, 2024.

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/m<sup>2</sup>.

No município de São Pedro, a precipitação média anual é de 1.574 mm. A estação de maior precipitação dura 6 meses, variando de outubro a março. Os meses com maior número de dias com precipitação em São Pedro são os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

A estação seca dura entre os meses de abril a setembro durando em média seis meses. Junho, julho e agosto são os meses com menor número de dias com precipitação em São Pedro, sendo a média de três 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 São Pedro.

Tabela 1 - Precipitação em São Pedro.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Chuva (mm)	291	233	193	76	61	41	35	35	75	134	182	218
Dias Chuvosos (d)	17	15	14	7	5	3	3	3	6	10	12	16
Umidade (%)	78%	77%	78%	74%	71%	72%	67%	59%	59%	65%	71%	75%

Fonte: Climate-data, 1991-2021.

### 1.4.3. 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.

Figura 8 - Bacias do Estado de São Paulo.

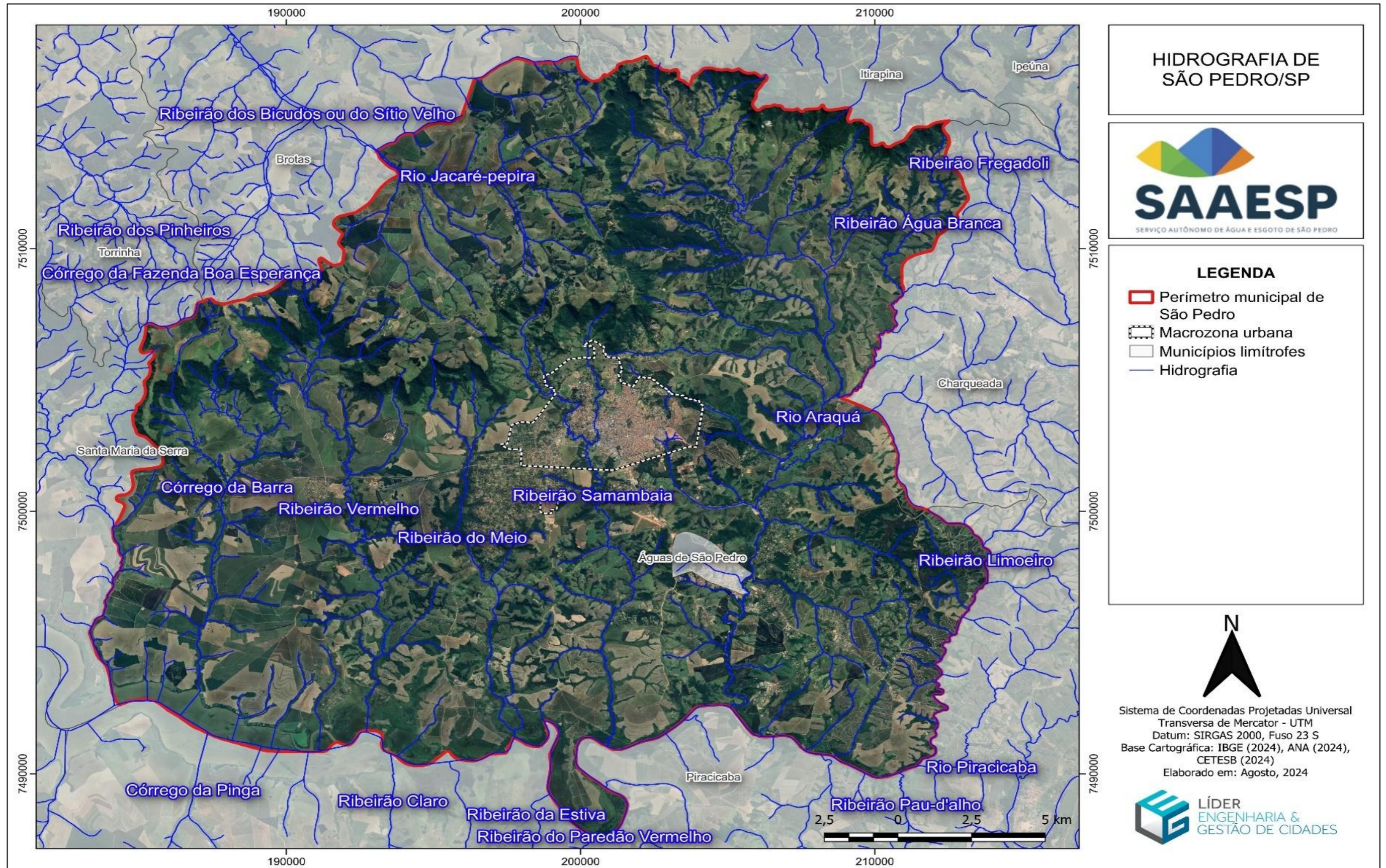


Fonte: SIGRH, 2019.

O município de São Pedro está inserido na área de atuação do Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), uma das principais regiões hidrográficas do estado de São Paulo. No que se refere às Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), 90,58% do território de São Pedro situa-se na UGRHI 5, enquanto o restante, 9,42%, está localizado na UGRHI 13.

Os principais rios de São Pedro: Rio Jacaré-Pepira, Ribeirão Água Branca, Ribeirão Vermelho, Córrego da Barra, Ribeirão do Meio, Ribeirão Samambaia, Rio Araquá e Rio Piracicaba. Abaixo segue o mapa com a representação da hidrografia presente no município de São Pedro.

Figura 9 - Mapa de hidrografia de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

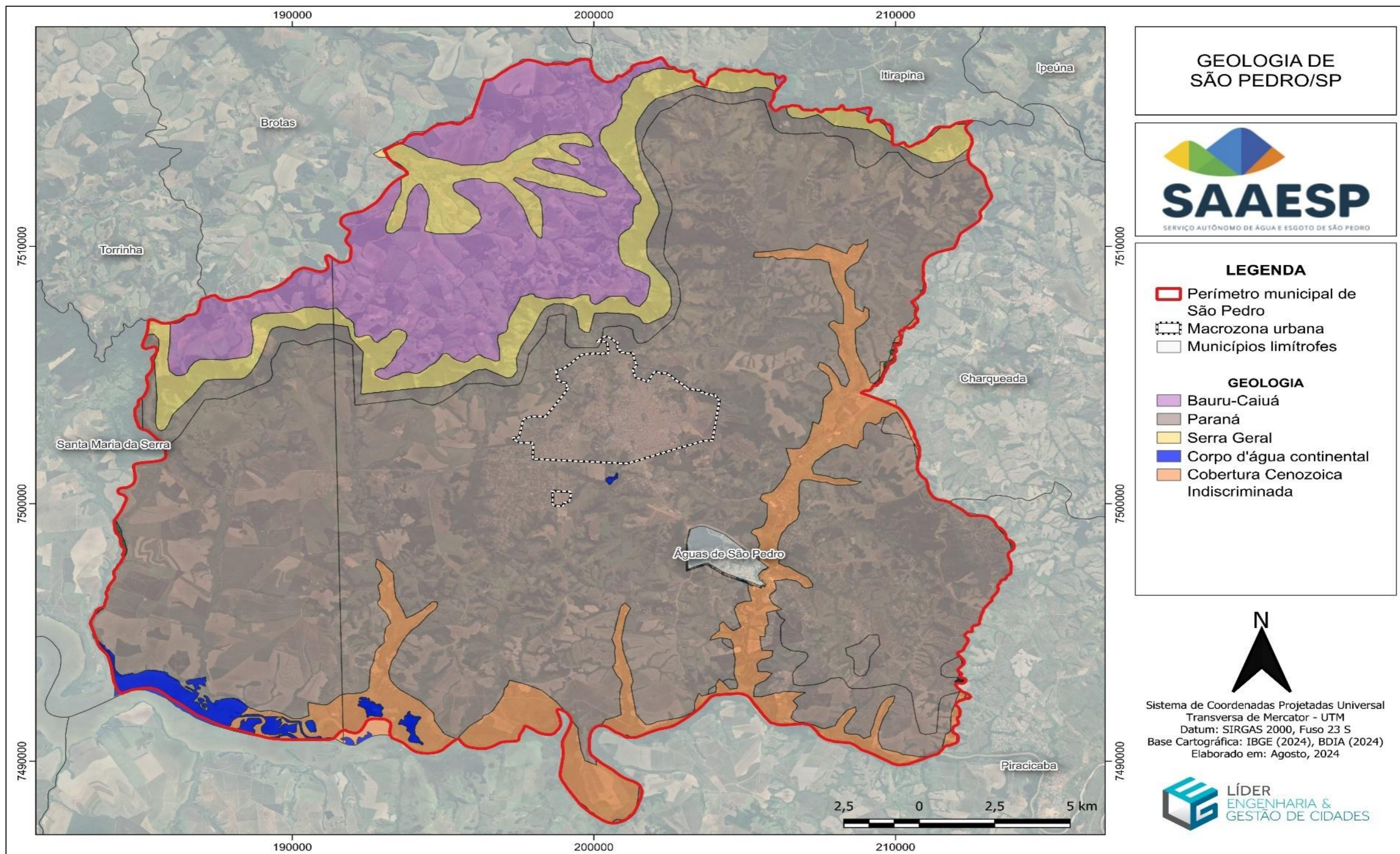
#### 1.4.4. Geologia

A pesquisa sobre a geologia do município de São Pedro foi realizada com base em informações do Banco de Dados e Informações Ambientais (BDIA). A geologia da região é composta por diversas formações geológicas que representam diferentes períodos e processos geológicos.

A Formação Paraná é predominante, cobrindo 71,25% da área do município. Esta formação é conhecida por suas rochas sedimentares. Em seguida, a Formação Bauru-Caiuá representa 12,84% da área.

A Cobertura Cenozoica Indiscriminada ocupa 7,86% da área e é composta por depósitos mais recentes que influenciam a geologia superficial do município. A Formação Serra Geral, responsável por 7,03% da área, é conhecida por suas rochas basálticas, que contribuem para a formação das paisagens da região. O restante da área do município é classificado como corpo d'água continental. A seguir o mapa que apresenta a geologia de São Pedro.

Figura 10 - Geologia de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

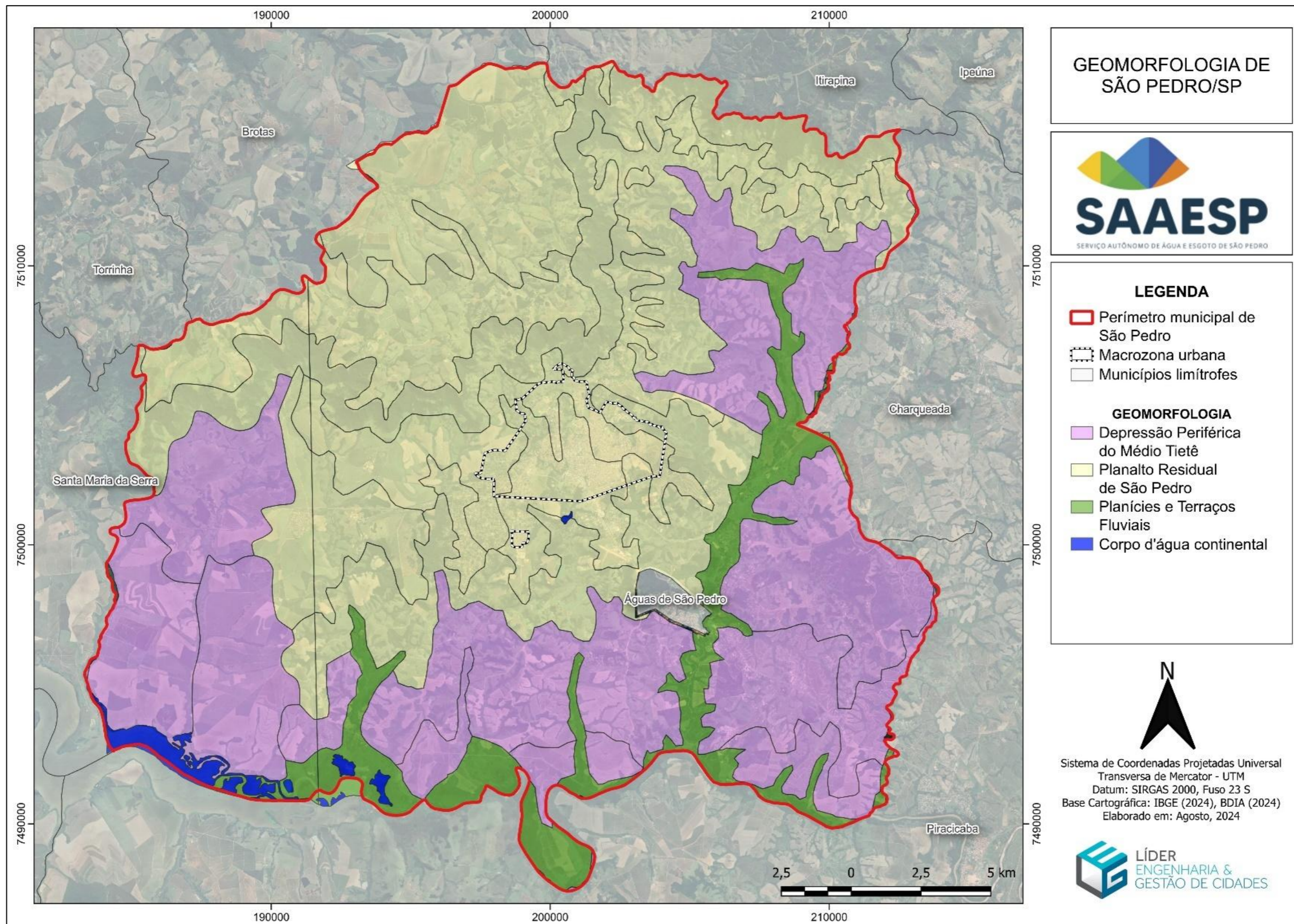
### 1.4.5. Geomorfologia

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.

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

A partir dos dados coletados pelo BDIA, analisou-se as unidades geomorfológicas que pertencem a São Pedro, sendo a maior o Planalto Residual de São Pedro com 53,33%, a Depressão Periférica do Médio Tietê com 37,86%, as Planícies e Terraços Fluviais com 7,81% e o restante classificado como corpo d'água continental, conforme exposto pelo mapa.

Figura 11 – Mapa geomorfológico do município de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 1.4.6. Declividade

No que tange ao declive do município de São Pedro, 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'	<b>Áreas com muito baixa declividade.</b> Restrições à ocupação por dificuldades no escoamento de águas superficiais e subterrâneas.
5 – 10%	2°51' – 5°42'	<b>Áreas com baixa declividade.</b> Dificuldades na instalação de infraestrutura subterrânea como redes de esgoto e canalizações pluviais.
10 – 20%	5°42' – 11°18'	<b>Áreas com média declividade.</b> 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'	<b>Áreas com alta declividade.</b> Restrições à ocupação sem critérios técnicos para arruamentos e implantação de infraestrutura em loteamentos
> 30%	> 18°26'	<b>Áreas com muito alta declividade.</b> Inaptas à ocupação face aos inúmeros problemas apresentados.

Fonte: Embrapa, 2023.

Analisando a tabela acima e as figuras abaixo contendo os mapas de declividade e hipsometria, o município de São Pedro possui a declividade mais acentuada nas regiões sul, leste e oeste do município, na região norte e ocupando um pedaço da a declividade aumenta, conforme demonstrado no mapa de altitude.

Com relação a hipsometria, o município em comento possui a diferença de aproximadamente 584 m da região com maior altitude e menor altitude (1.020 m a 435 m), sendo o Norte e Noroeste a região com maior altitude e o Centro, Leste, Sudeste, Sul e Sudoeste com a menor altitude.

A topografia, hipsometria e a pressão são fatores que influenciam diretamente os sistemas de drenagem. A topografia é a configuração da superfície

terrestre, e a hipsometria é a representação da topografia em um mapa. A pressão é a força que atua em uma superfície.

No município, a topografia é de baixa altimetria, com altitudes que variam de 435 metros a 1.020 metros, a maior variação no lado noroeste do município conforme apresentado no mapa.

#### **1.4.7. Solo**

No município de São Pedro, de acordo com os dados obtidos no Banco de Dados e Informações Ambientais – BDIA, há 3 tipos de solos. O Argissolo Vermelho - Amarelo, é predominante na região, ocupando 76,96% do território do município, seguido de Latossolo Vermelho-Amarelo com 18,06% e uma pequena área Neossolo Litólico com 1,01% e o restante é caracterizado como área urbana e corpo d'água continental.

O Argissolo Vermelho – Amarelo são desenvolvidos a partir do grupo de barreiras de rochas cristalinas, apresentam essas cores devido à presença de óxido de Ferro hematita e goethita. Suas características são de solo profundo e muito profundo no qual são bem estruturados e bem drenados.

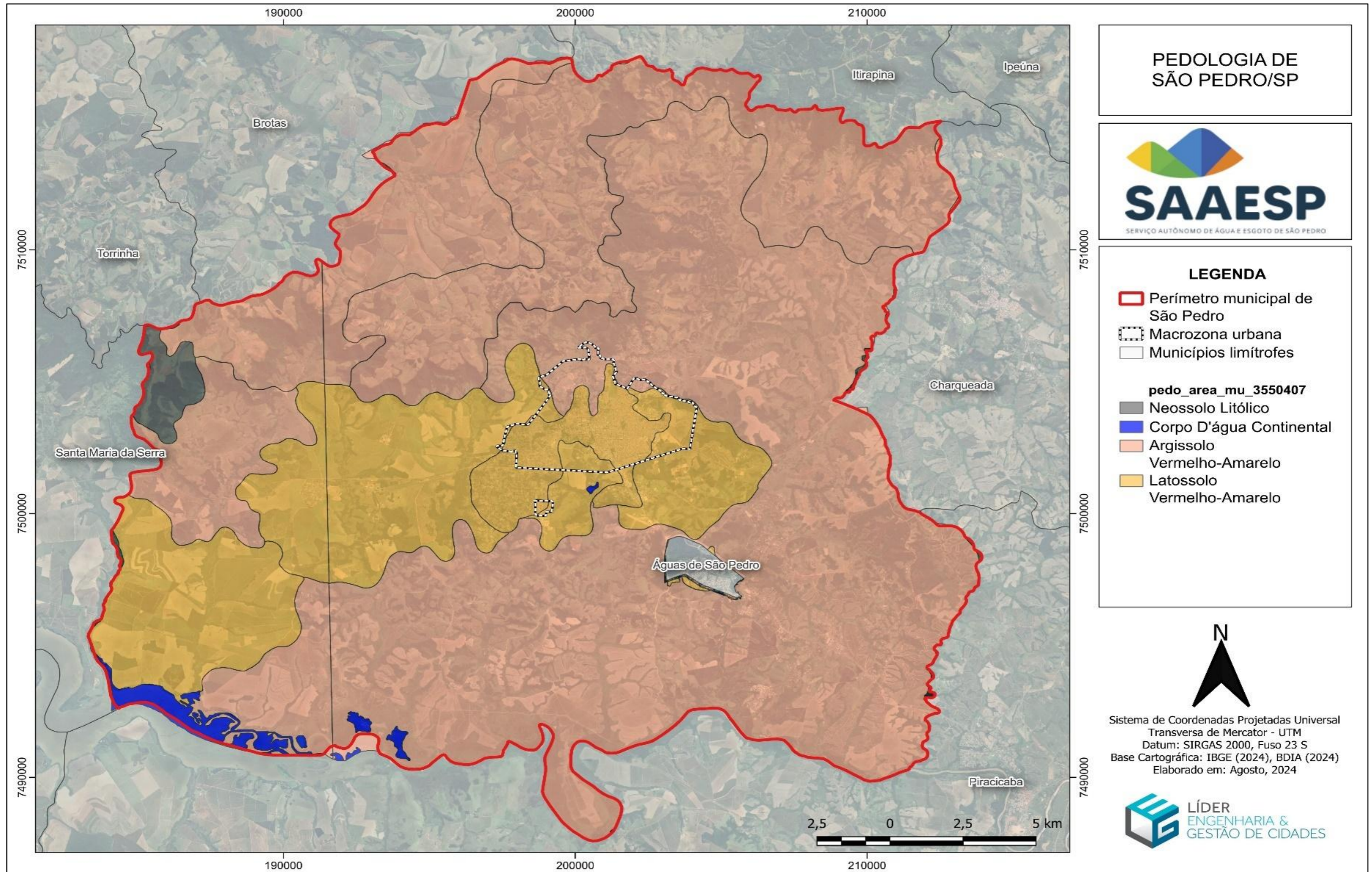
Já os Latossolo Vermelho - Amarelo apresentam as mesmas características do Argissolo Vermelho - Amarelo no quesito de profundidade e drenagem, porém associados aos relevos plano, suave ondulado ou ondulado.

Insta salientar, que as tipologias apresentadas têm expressão agrícola, o Argissolo Vermelho – Amarelo é um solo de textura argilosa, com boa capacidade de retenção de água e nutrientes. É um solo fértil e produtivo, sendo utilizado para o cultivo de uma grande variedade de culturas, como cana-de-açúcar, café, frutas e hortaliças.

O Latossolo Vermelho – Amarelo é um solo de textura arenosa, com baixa capacidade de retenção de água e nutrientes. É um solo menos fértil, mas ainda assim é utilizado para o cultivo de algumas culturas, como milho, soja e pastagens.

Já o Neossolo Litólico são solos jovens, com pouca evolução pedológica e geralmente encontrados em áreas de deposição recente, como aluviais e coluviais. Sua fertilidade e propriedades variam amplamente dependendo da composição do material de origem. Diante do exposto, a seguir o mapa de pedologia de São Pedro.

Figura 12 – Mapa de pedologia de São Pedro.

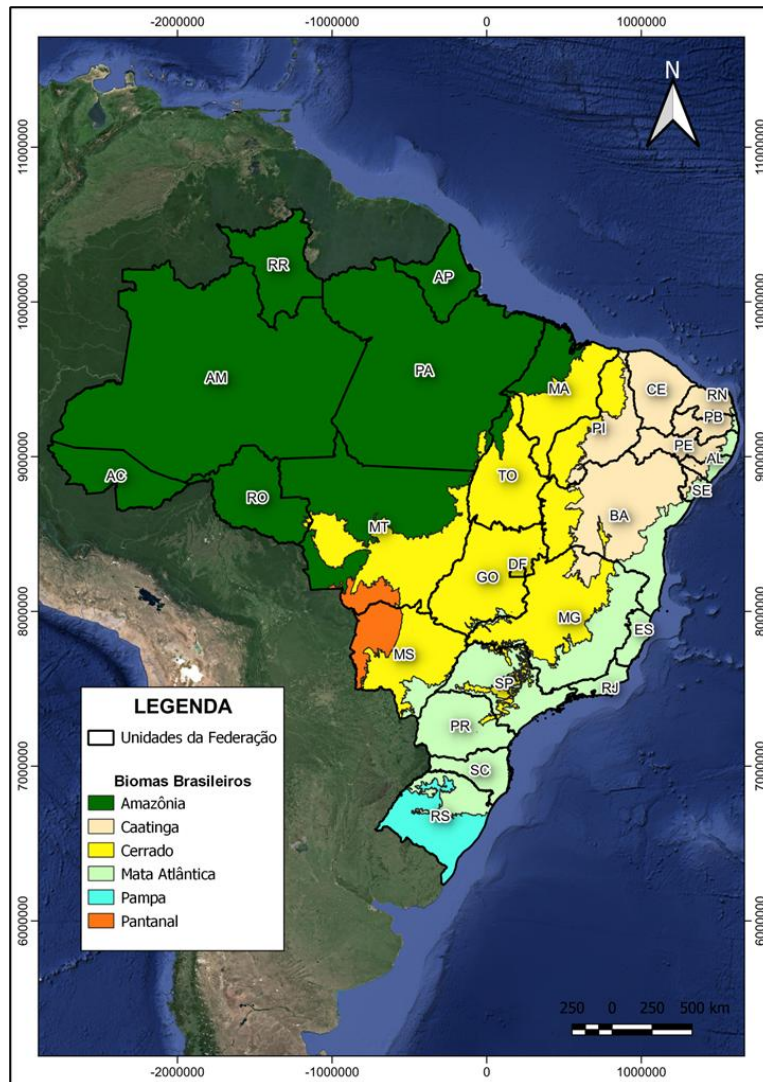


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 1.4.8. Vegetação

A vegetação do Estado de São Paulo está situada dentro do Bioma Mata Atlântica e Cerrado.

Figura 13 - Abrangência dos biomas brasileiros.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

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 km<sup>2</sup>. 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).*

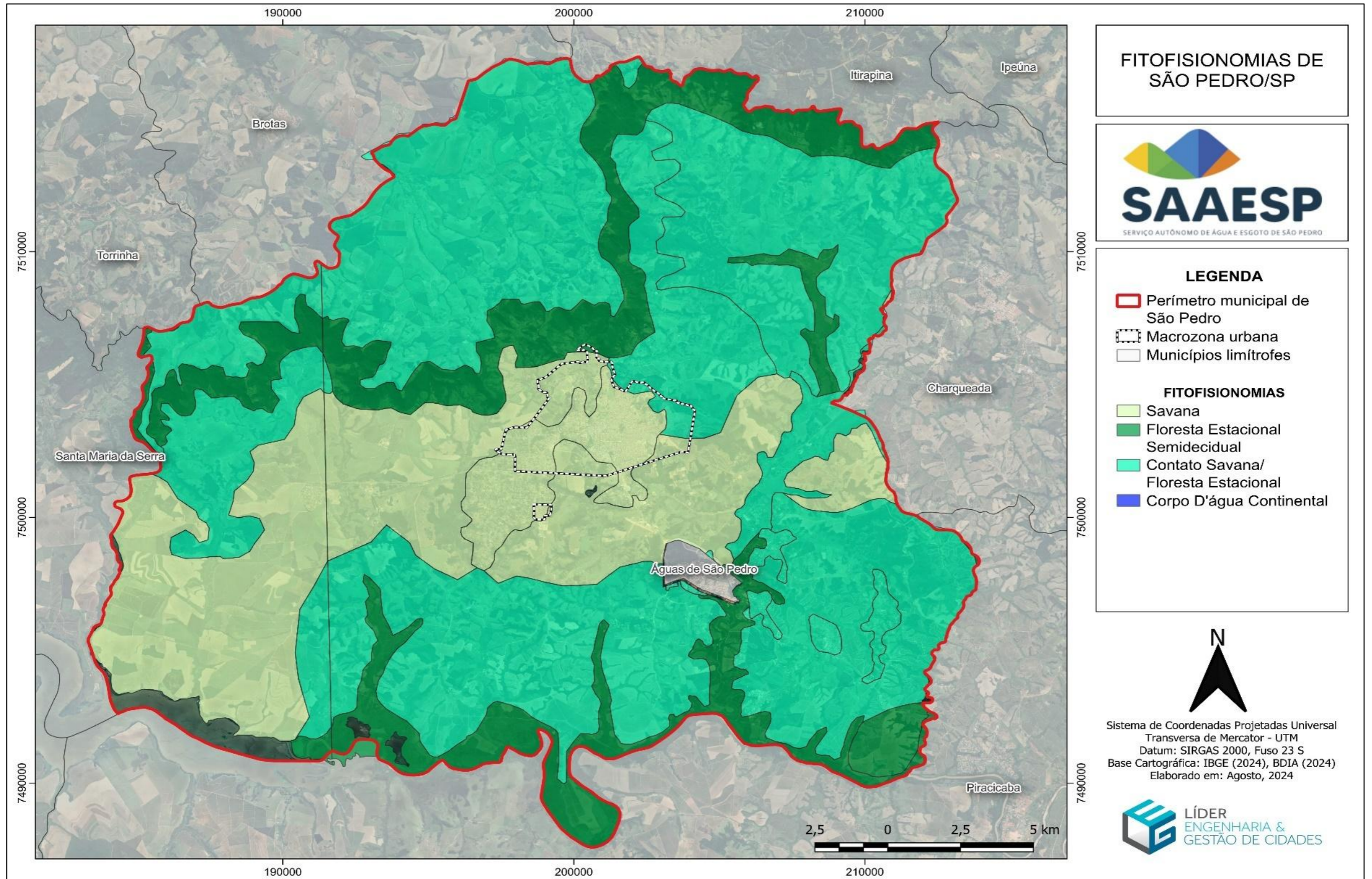
O Cerrado está presente em todas as Regiões brasileiras, e ocupa uma área de aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup>, cerca de 23,3% do território nacional. Neste bioma estão situadas as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), 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, babaqueiras, vazanteiros e Comunidades quilombolas que, juntas, fazem parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro, e detêm um conhecimento tradicional de sua biodiversidade.” (MMA, 2022).*

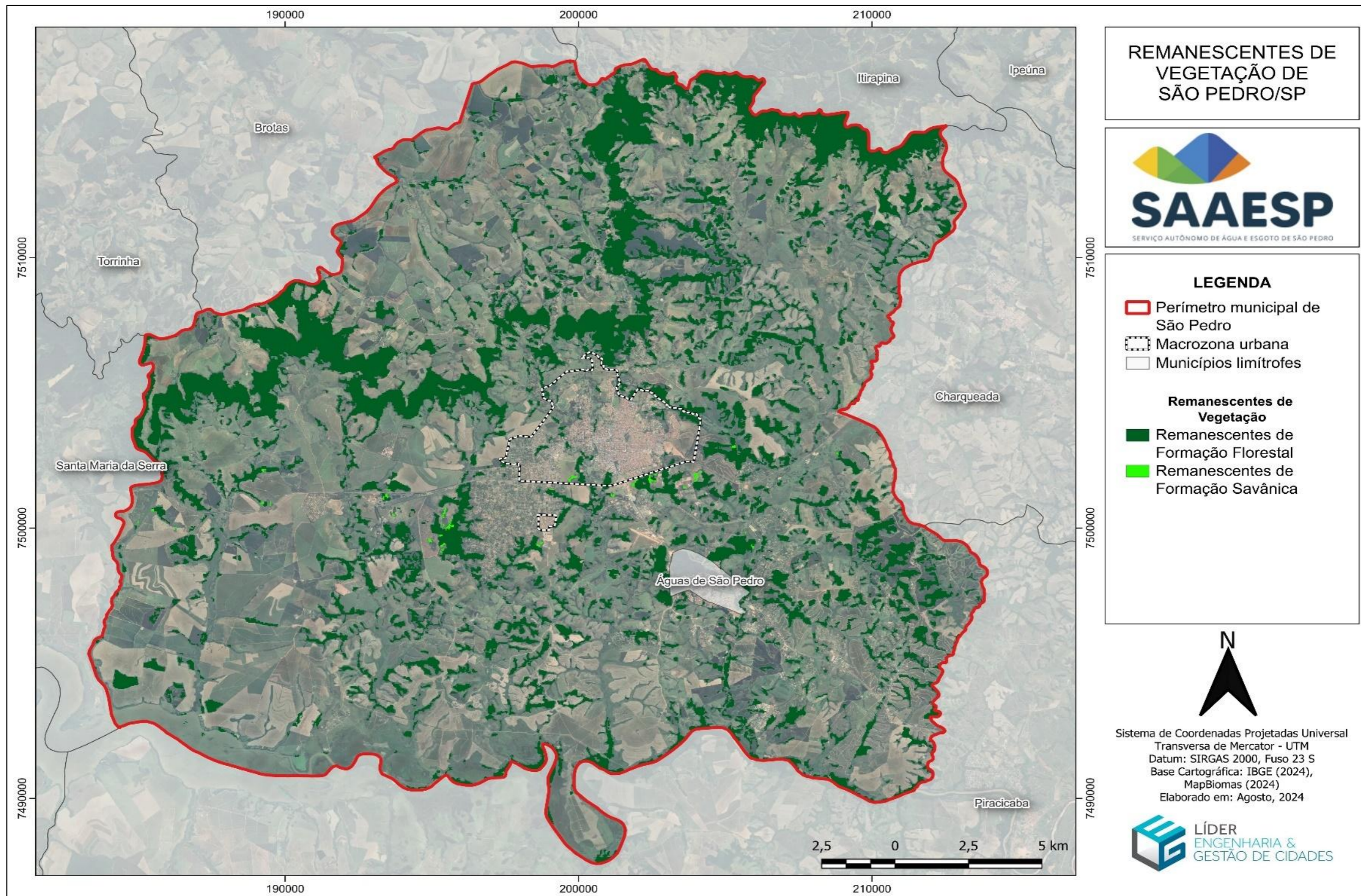
O município de São Pedro apresenta as fitofisionomias de Floresta Estacional Semidecidual, Savana e uma área onde ocorre as características tanto de Mata Atlântica quanto de Cerrado. Abaixo segue o mapa de fitofisionomias e o de remanescentes de vegetação de São Pedro.

Figura 14 – Mapa de fitofisionomias de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 15 – Mapa de remanescentes de vegetação de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

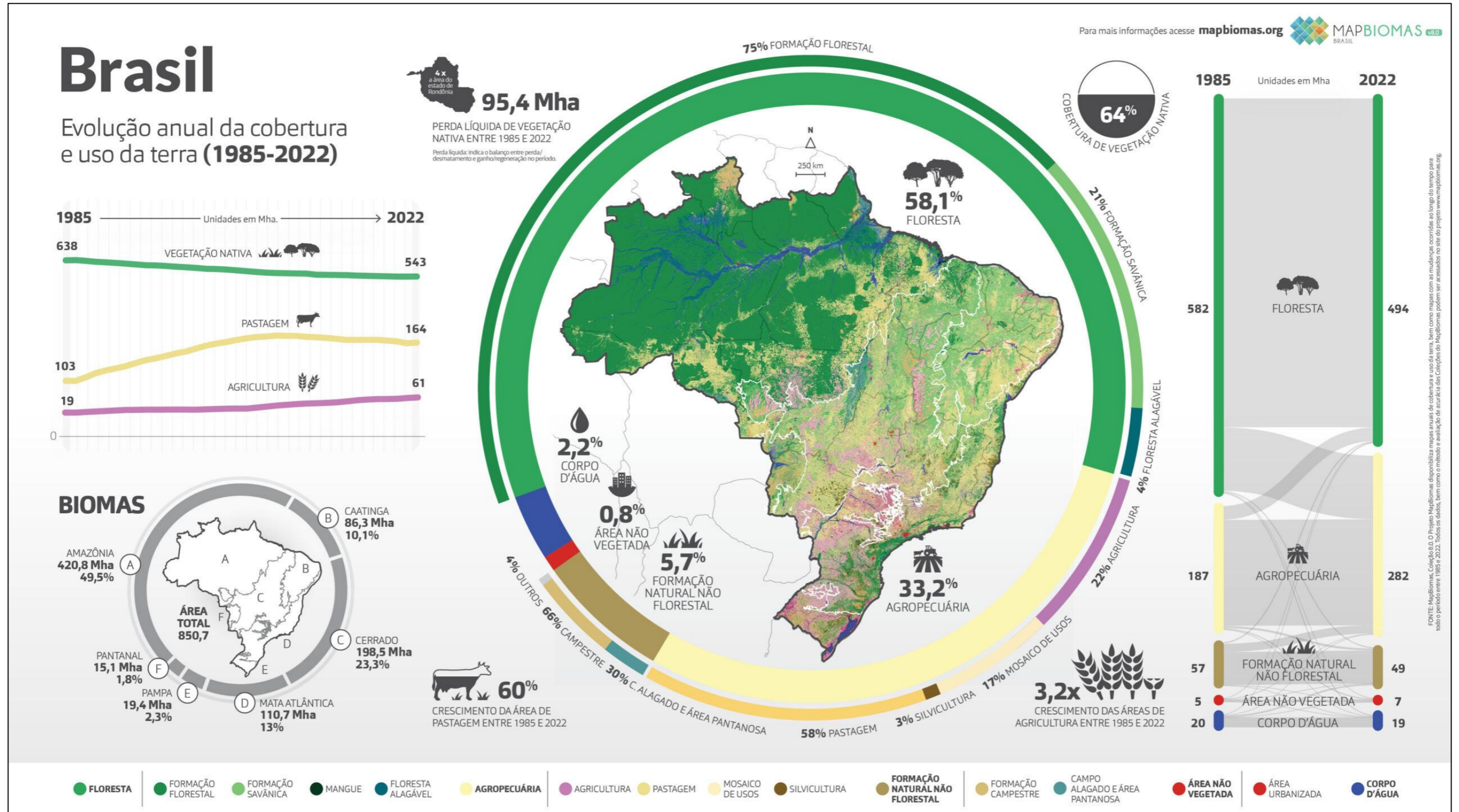
## 1.5. Uso e Cobertura do Solo

O mapa de uso e cobertura do solo é uma representação gráfica que demonstra como o solo é utilizado e coberto em uma determinada área geográfica. Ele ilustra a localização e o tamanho de diferentes tipos de uso do solo, como áreas residenciais, comerciais, industriais, agrícolas e florestais. Além disso, o mapa pode detalhar outros aspectos relevantes da ocupação do solo.

Esses mapas são utilizados para diversas finalidades, sendo uma ferramenta fundamental no planejamento regional, na gestão ambiental, no controle do desenvolvimento, na pesquisa acadêmica, na tomada de decisão e na educação pública.

No planejamento regional, auxiliam na organização e no crescimento ordenado, enquanto na gestão ambiental desempenham papel fundamental ao monitorar o uso e a cobertura do solo, garantindo a preservação dos recursos naturais. Como exemplo, segue o mapa que apresenta a evolução do uso e cobertura do solo do Brasil durante o período de 1985 a 2022.

Figura 16 - Evolução do uso e cobertura do solo do Brasil (1985 a 2022).



Fonte: MapBiomas, 2024.

Entre os principais objetivos dos mapas de uso e cobertura do solo, destaca-se a importância de identificar as áreas de uso específico, avaliar os impactos ambientais, elaborar planos de desenvolvimento sustentáveis, controlar o crescimento urbano e proteger áreas sensíveis, como florestas e rios.

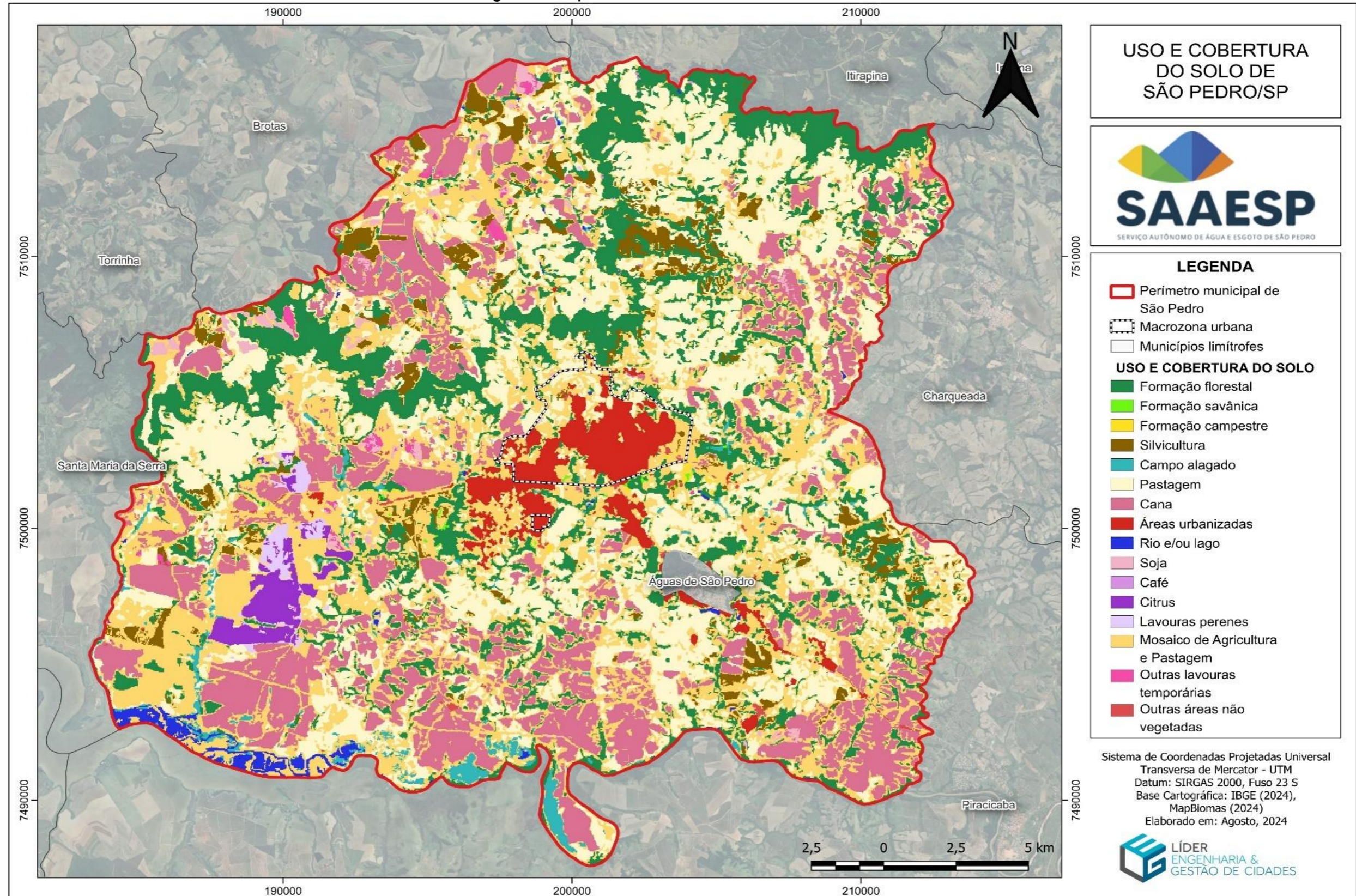
Abaixo, segue a tabela que apresenta as áreas das classes e o mapa de uso e cobertura do solo do município de São Pedro.

**Tabela 3 - Uso e cobertura do solo de São Pedro.**

Classes	Área (ha)
Formação florestal	10.198
Formação savânica	38
Formação campestre	71
Silvicultura	2.174
Campo alagado	774
Pastagem	15.755
Cana	10.509
Áreas urbanizadas	1.848
Rio e/ou Lago	569
Soja	446
Café	8
Citrus	647
Lavouras perenes	991
Mosaico de Agricultura e Pastagem	17.426
Outras lavouras temporárias	194
Outras áreas não vegetadas	135

Fonte: MapBiomias, 2024.

Figura 17 - Mapa de uso e cobertura do solo de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Formação Florestal ocupa uma área significativa, com 10.198 hectares, representando as áreas de vegetação nativa remanescente. Complementando a vegetação natural, a Formação Savânica e a Formação Campestre cobrem áreas menores, de 38 hectares e 71 hectares, respectivamente, indicando a presença de ecossistemas mais abertos e adaptados a condições de solo e clima específicos.

As atividades agrícolas predominam na paisagem, destacando-se a Pastagem, que cobre 15.755 hectares, e a Cana, com 10.509 hectares. Essas culturas evidenciam a importância da pecuária e da produção de açúcar e etanol para a economia local. O Mosaico de Agricultura e Pastagem, que ocupa 17.426 hectares, reforça a coexistência de diferentes usos do solo em áreas produtivas.

A Silvicultura, com 2.174 hectares, é outro componente relevante, refletindo a utilização de espécies florestais para fins comerciais, enquanto as Lavouras Perenes e o Citrus ocupam 991 hectares e 647 hectares, respectivamente, sugerindo uma diversificação nas atividades agrícolas. A produção de Soja, com 446 hectares, e de Café, com 8 hectares, ainda que menos expressivas em termos de área, mostram a presença dessas culturas no município.

Outras classes importantes incluem o Campo Alagado, que se estende por 774 hectares, indicando áreas sujeitas a alagamentos temporários ou permanentes, e as Áreas Urbanizadas, com 1.848 hectares, que refletem a ocupação humana e o desenvolvimento urbano. As áreas de Rio e/ou Lago, que somam 569 hectares, representam corpos d'água importantes para o município.

Por fim, as Outras Lavouras Temporárias e as Outras Áreas Não Vegetadas ocupam 194 hectares e 135 hectares, respectivamente, abrangendo áreas dedicadas a outras formas de cultivo e usos do solo que não se enquadram nas categorias principais.

### **1.5.1. Cemitérios**

O necrochorume é um líquido escuro e fétido que se forma durante o processo de decomposição dos corpos humanos em cemitérios. Ele é composto por uma mistura de água, sangue, urina, fezes, fluidos corporais e produtos químicos usados para embalsamar os corpos. O necrochorume pode conter uma

variedade de bactérias e vírus patogênicos, que podem causar doenças em humanos e animais.

O necrochorume pode causar uma série de impactos negativos nos serviços de saneamento, incluindo a contaminação da água, a obstrução das redes de esgoto, a geração de odores desagradáveis, a atração de vetores de doenças, como mosquitos e moscas, a poluição do ar e do solo, bem como diversos danos ao meio ambiente. Algumas das doenças que podem ser causadas pelo necrochorume incluem:

- **Doenças transmitidas por água:** a água contaminada com necrochorume pode transmitir uma variedade de doenças, como hepatite A, hepatite E, cólera, febre tifoide e disenteria;
- **Doenças transmitidas por insetos:** os insetos que se alimentam do necrochorume, como mosquitos e moscas, podem transmitir doenças como dengue, febre amarela, malária e leishmaniose;
- **Doenças transmitidas por contato:** o contato direto com o necrochorume pode causar doenças como tétano, botulismo e infecção por fungos.

No município de São Pedro, foram identificados 2 cemitérios, sendo o Cemitério Municipal da Saudade, localizado na Avenida Saudade, nº 155, no bairro Jardim São Judas Tadeu e o Cemitério Municipal Parque São Pedro, localizado na Rua José Emygídio de Arruda Mendes, nº 1.166 no bairro Recanto das Águas.

## 1.6. Aspectos Socioeconômicos

Neste capítulo serão analisados os principais indicadores socioeconômicos do município de São Pedro, 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.

### 1.6.1. 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 São Pedro, de acordo com o SEADE, a densidade demográfica da área rural em 2022 é de aproximadamente 6,96 hab/Km<sup>2</sup>. 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.

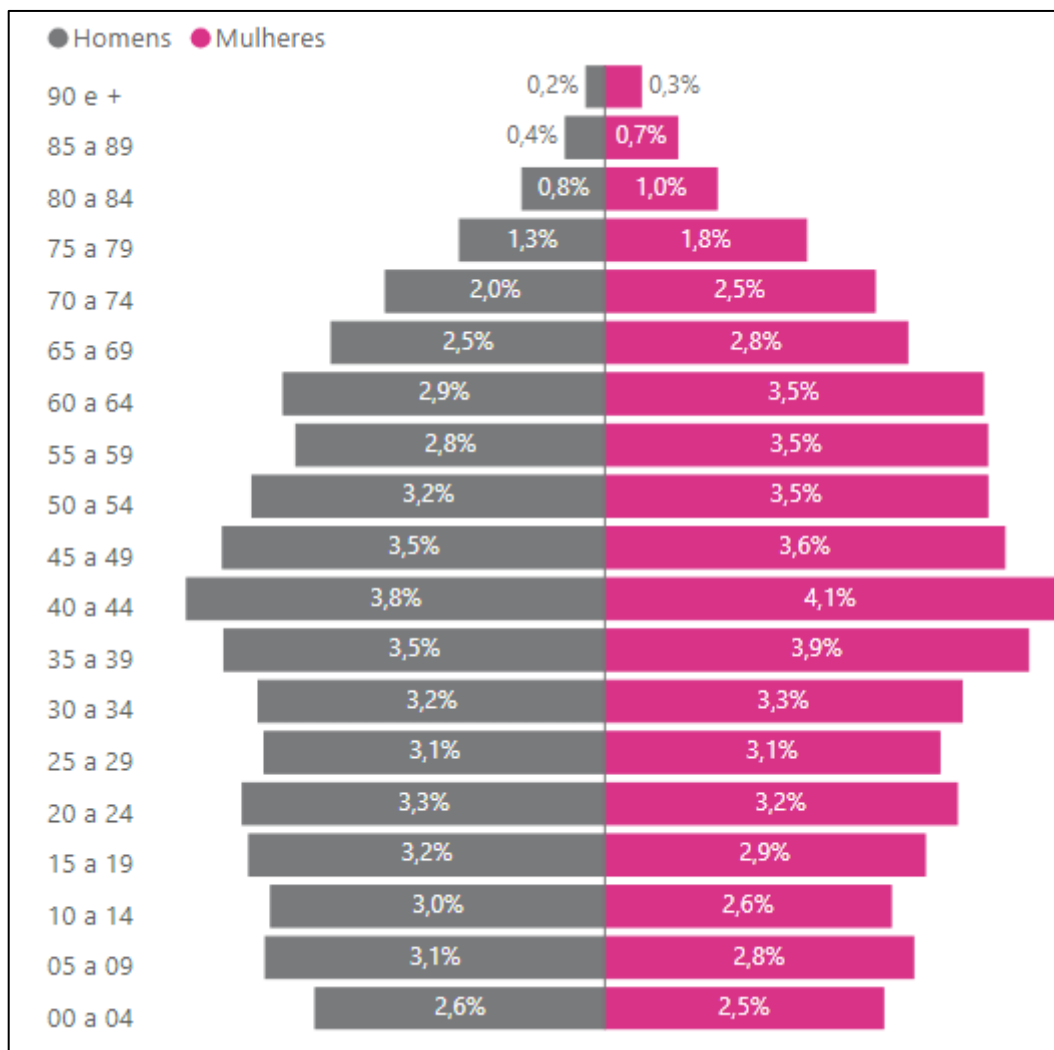
Este dado permite avaliar também os impactos causados ao ambiente pelo excesso de pessoas em um determinado local, monitorando desta forma, o desmatamento, a poluição de rios e córregos e a geração de resíduos.

### 1.6.2. Distribuição Etária por Gênero

A composição por sexo da população de São Pedro, dividida em grupos etários, evidencia um maior número de mulheres em relação aos homens, ainda que haja pouca diferença entre eles. Sendo assim, segundo o SEADE em 2023, dos 38.684 habitantes de São Pedro, 18.743 eram homens e 19.941 eram mulheres.

Vale pontuar 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. A figura abaixo mostra a pirâmide etária para São Pedro de acordo com o último levantamento do SEADE 2023.

**Gráfico 2 - Pirâmide etária por gênero do município de São Pedro.**



Fonte: SEADE, 2023.

### 1.6.3. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM

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 São Paulo e dos Municípios de São Caetano do Sul e São Pedro. O Município de São Caetano do Sul consta na tabela abaixo por ser o melhor IDH do estado, servindo assim, como modelo de comparação para São Pedro.

Tabela 4 - Série histórica do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH.

ANO	IDH São Paulo	IDH São Caetano do Sul	IDH São Pedro
1990	0,578	0,697	0,524
2000	0,702	0,820	0,677
2010	0,783	0,862	0,755

Fonte: IBGE, 2024.

Através da tabela acima percebe-se um aumento de 11,52% no IDH do Município de São Pedro, em comparação de 2000 a 2010. Enquanto o IDH do Estado de São Paulo passou de 0,702 para 0,783 em dez anos, ou seja, neste período a evolução do índice em 11,54%.

Em 2010, o IDH do município ocupava a 453<sup>a</sup> posição entre os 5.565 municípios brasileiros e a 195<sup>a</sup> posição, entre os municípios do Estado de São Paulo. Neste sentido, a figura abaixo ilustra o ranking de IDH do município de São Pedro.

Figura 18 - Posição do IDH do município no Estado.



Fonte: IBGE, 2010.

#### 1.6.4. Educação

Considerando o Censo Escolar de 2023 apresentado pelo IBGE, a tabela abaixo exhibe a relação de matrículas realizadas no ano, o quantitativo de escolas em funcionamento e docentes atuantes no ensino básico (infantil, fundamental e médio) para o município de São Pedro.

Tabela 5 - Censo Escolar de 2023 para o município.

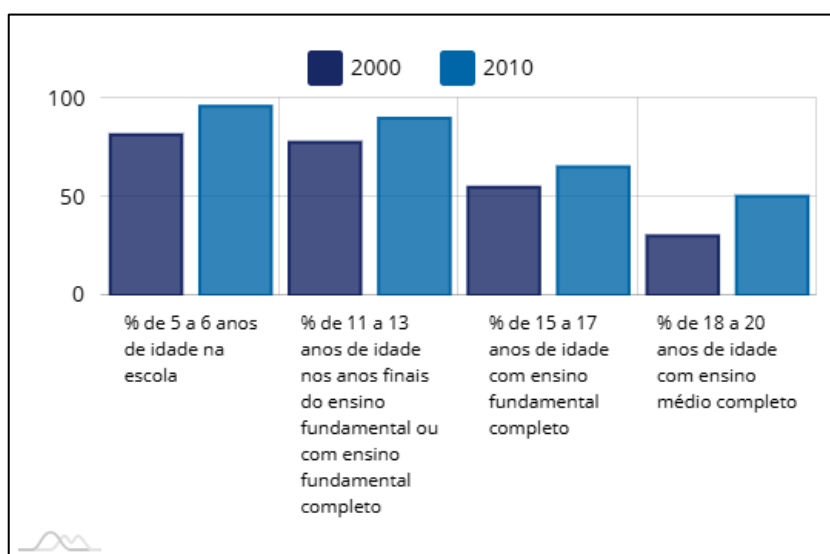
	Ensino Fundamental	Ensino Médio
<b>Matrículas</b>	4.230	1.302
<b>Docentes</b>	234	112
<b>Escolas</b>	17	7

Fonte: IBGE, 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 95,91%. 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 89,79%.

O público jovem que possui o ensino fundamental completo de 15 a 17 anos era de 65,18% nesta década e, por fim, a proporção de jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo era de 50,30%. A figura abaixo faz um comparativo da década de 2000 a 2010.

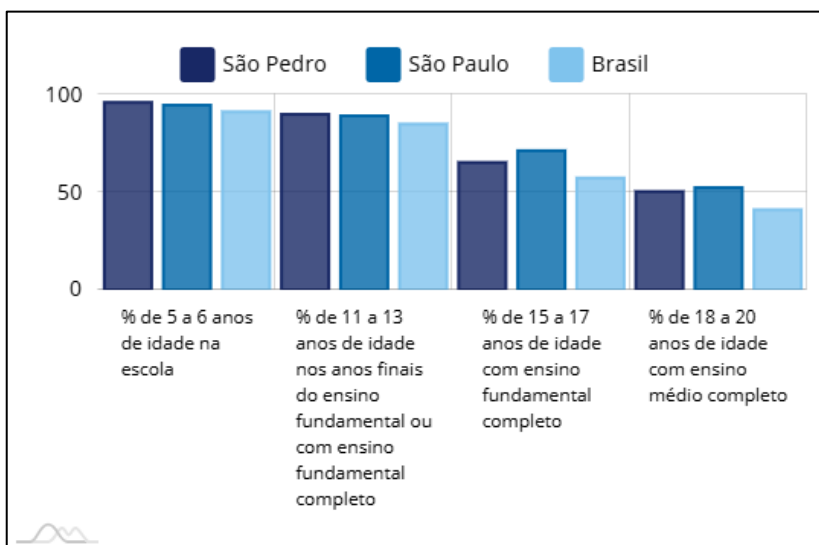
Gráfico 3 - Educação no município de São Pedro.



Fonte: IBGE, 2010.

Em uma análise de fluxo escolar por faixa etária entre o Brasil, o Estado de São Paulo e o Município de São Pedro, 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.

Gráfico 4 – Comparativo de fluxo escolar entre Brasil, São Paulo (UF) e São Pedro.



Fonte: IBGE, 2010.

Em 2019, a cidade de São Pedro obteve uma pontuação média de 538 pontos no ENEM. As médias das notas por área de conhecimento foram distribuídas da seguinte forma: 560 pontos em matemática, 547 pontos em linguagens, 507 pontos em ciências da natureza e 540 pontos em ciências humanas (SEBRAE, 2024).

Em 2022, a cidade de São Pedro registrou a graduação de 165 alunos. As áreas de estudo com maior número de formandos foram Educação, com 94 alunos graduados, seguida por Negócios e Administração, que contabilizou 41 graduados. Já na área de Computação e Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), 9 alunos concluíram seus cursos (SEBRAE, 2024).

### 1.6.5. Saúde

No município de São Pedro, a rede de saúde é concentrada na área urbana, onde foram identificadas as Unidades Básicas de Saúde (UBS) que atendem a população local. Entre as principais unidades, destacam-se a UBS Dorothea, UBS Centro São Pedro, UBS São Dimas, UBS Nova São Pedro, UBS São Francisco, além da Unidade Mista Integrada de Saúde (UMIS), que oferece uma gama mais ampla de serviços.

Adicionalmente, o município conta com o Programa de Saúde da Família (PSF) Alpes das Águas de São Pedro e a UBS Bela São Pedro, que complementam

o atendimento na cidade. No entanto, até o presente momento, não foram identificadas unidades de saúde na zona rural de São Pedro.

### 1.6.6. 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 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 52,80% em 2000, para 46,85% em 2010, e a proporção de idosos, de 8,55% para 10,86%, no mesmo período. A tabela abaixo mostra a estrutura etária do município entre os anos de 2000 e 2010.

**Tabela 6 – Estrutura etária da população do Município de São Pedro.**

Estrutura etária	2000		2010	
	População	% do Total	População	% do Total
Menor de 15 anos	7.256	26,01	6.630	20,94
15 a 64 anos	18.257	65,44	21.561	68,10
65 anos ou mais	2.384	8,55	3.471	10,96
Razão de dependência	52,80	-	46,85	-
Taxa de envelhecimento	8,55	-	10,96	-

Fonte: IBGE, 2010.

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 ATLAS, no Município de São Pedro, o número de óbitos de crianças com menos de um ano de idade para cada mil nascidos vivos, passou de 16,70 em 2000 para 11,20 em 2010. No Estado de São Paulo está taxa saiu de 19,35 para 13,86 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 73,70 anos em 2000 e de 76,78 anos em 2010.

Já no Estado de São Paulo era 72,16 anos em 2000 e de 75,69 anos em 2010. A tabela abaixo mostra a taxa de mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer no município.

**Tabela 7 – Taxa de mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer em São Pedro.**

Indicadores	2000	2010
Mortalidade infantil	16,70	11,20
Esperança de vida ao nascer	73,10	76,78

Fonte: IBGE, 2010.

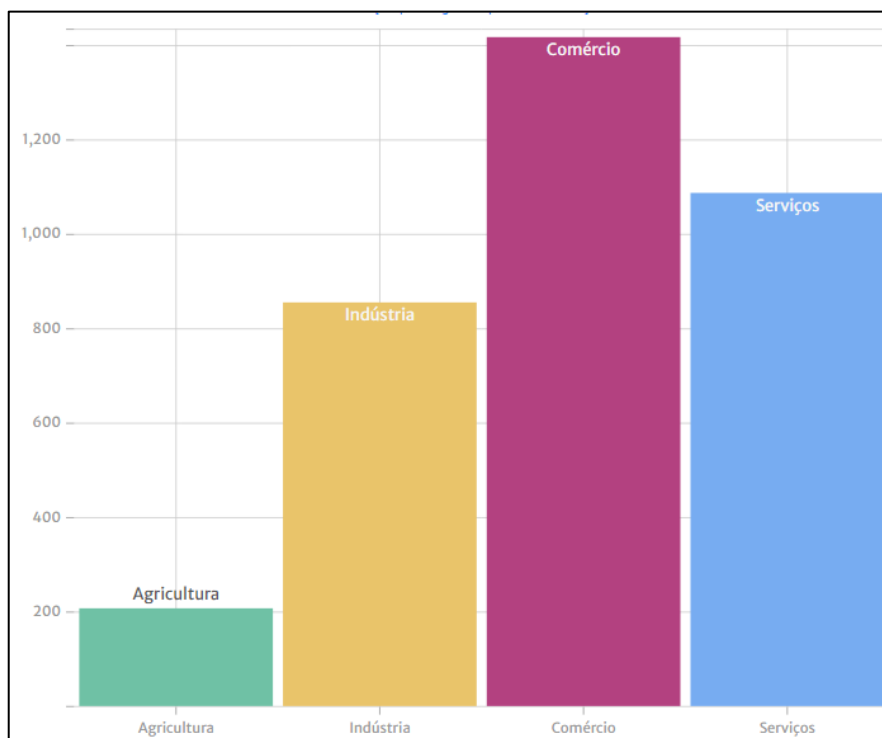
## 1.7. Economia

Em 2022, a economia de São Pedro apresentou destaque em alguns setores específicos, de acordo com os dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). O Comércio Varejista se sobressaiu como o maior empregador da cidade, com um total de 1.838 empregados, evidenciando a importância deste setor para a geração de empregos locais.

Em seguida, a Administração Pública, Defesa e Seguridade Social também mostrou relevância significativa, empregando 1.260 pessoas, o que reflete a presença consolidada de serviços públicos e de defesa no município.

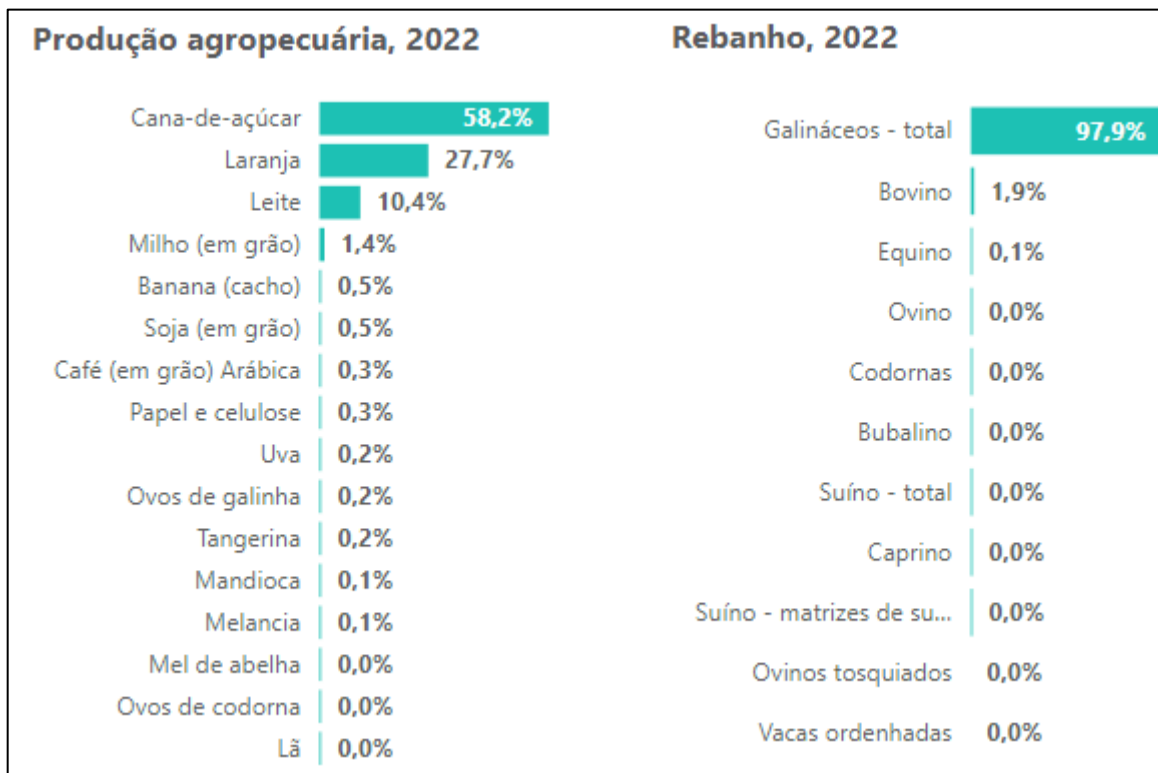
Além disso, o setor de Agricultura, Pecuária e Serviços Relacionados, tradicionalmente forte na região, manteve uma presença expressiva com 475 empregados, demonstrando a continuidade da atividade agropecuária como pilar econômico de São Pedro.

Figura 19 - Empregados por setor econômico de São Pedro.



Fonte: SEBRAE, 2024.

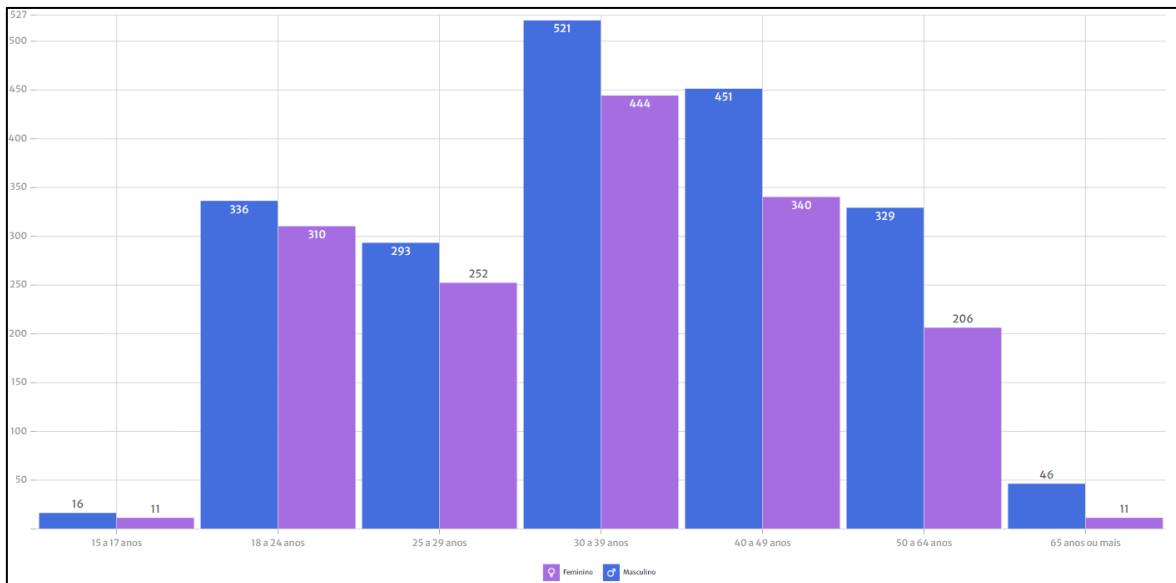
Figura 20 - Produção agrícola de São Pedro (2022).



Fonte: SEADE, 2024.

No que se refere à distribuição de empregos por gênero, as trabalhadoras do sexo feminino representavam 49,6% do total, com 3.589 empregadas. A remuneração média das mulheres foi de R\$ 2.404,41. Já os trabalhadores do sexo masculino, que constituíam 50,4% do total, somando 3.650 empregados, recebiam uma remuneração média de R\$ 2.692,95.

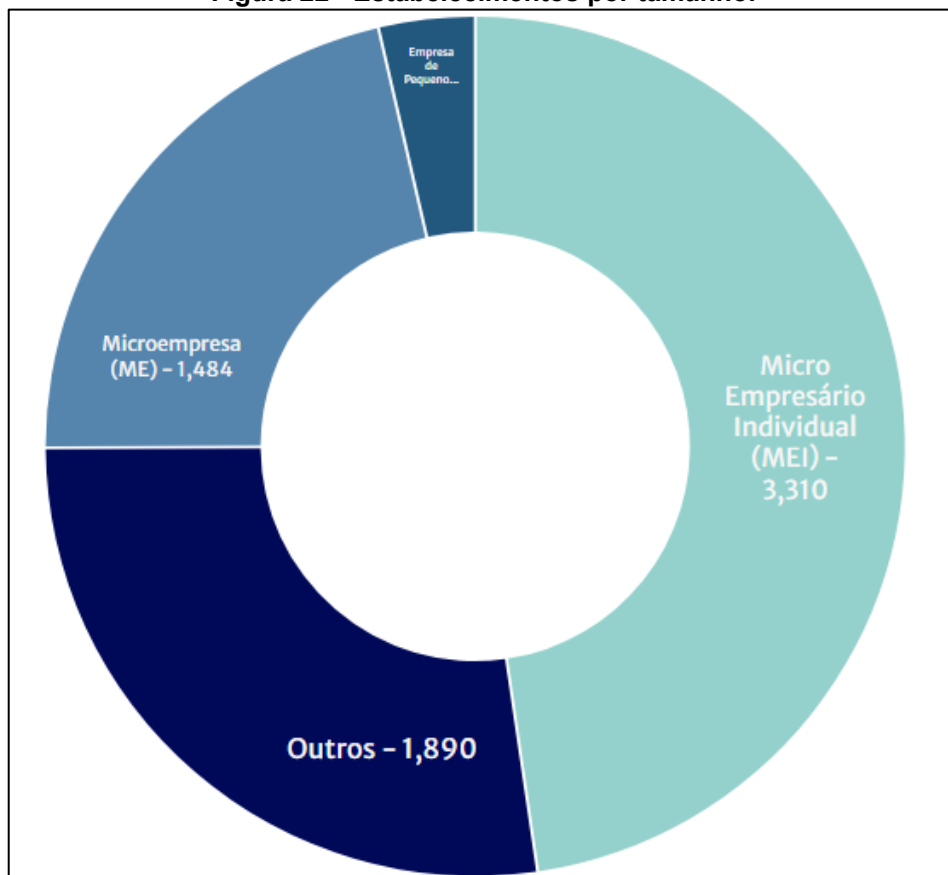
**Figura 21 - Distribuição de empregos por gênero.**



Fonte: SEBRAE, 2024.

Entre as empresas registradas até 2024 em São Pedro, 27,3% são classificadas em outras categorias, totalizando 1.890 estabelecimentos. A maior parte, 47,8%, corresponde a Microempreendedores Individuais (MEI), com 3.310 empresas. As Microempresas (ME) representam 21,4% do total, somando 1.484 estabelecimentos, enquanto as Empresas de Pequeno Porte (EPP) constituem 3,54% das empresas registradas, com 245 estabelecimentos.

Figura 22 - Estabelecimentos por tamanho.



Fonte: SEBRAE, 2024.

### 1.7.1. Produto Interno Bruto (PIB)

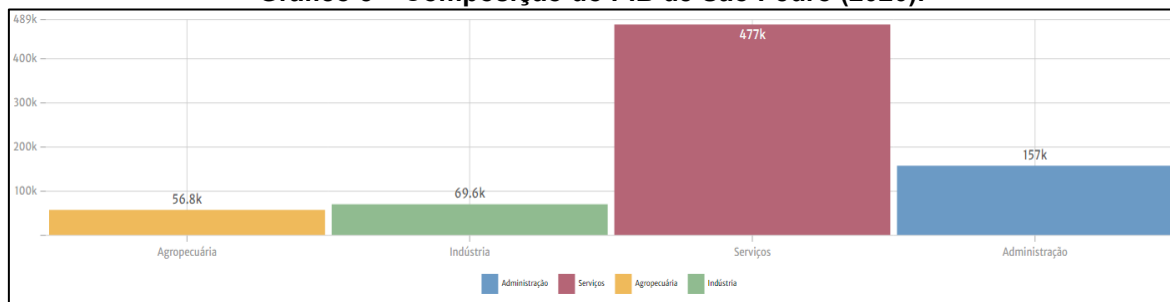
O Produto Interno Bruto – PIB, representa a soma em valores monetários de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região, sendo países, estados ou cidades, durante um período determinado de tempo. O PIB é um dos indicadores mais utilizados na macroeconomia com o objetivo de quantificar 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.

Em 2020, a composição do Produto Interno Bruto (PIB) de São Pedro foi dominada pelo setor de Serviços, que representou 62,7% do total. O setor de Administração contribuiu com 20,6% do PIB, enquanto a Indústria ficou com uma

participação de 9,15%. Esses dados destacam a predominância do setor de Serviços na economia local, com uma contribuição significativamente maior em comparação aos outros setores.

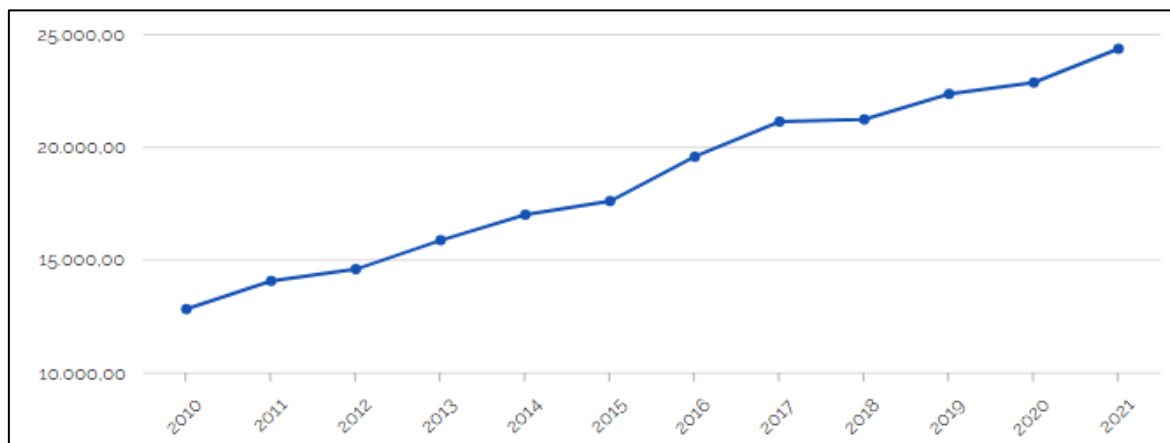
**Gráfico 5 – Composição do PIB de São Pedro (2020).**



Fonte: SEBRAE, 2024.

De acordo com o IBGE, o PIB per capita em 2021 foi de R\$ 24.418,31. Abaixo o gráfico que apresenta o avanço do PIB considerando o período de 2010 a 2021.

**Figura 23 - Evolução do PIB de São Pedro**



Fonte: IBGE, 2024.

### 1.7.2. 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 São Pedro os resultados apresentados na tabela a seguir.

**Tabela 8 - Vulnerabilidade social do Município de São Pedro.**

Indicadores	Ano	
	2000	2010
<b>Crianças e Jovens</b>		
% de crianças de 0 a 5 anos de idade que não frequentam a escola	74,07	46,00
% de 15 a 24 anos de idade que não estudam nem trabalham em domicílios vulneráveis à pobreza	10,66	7,33
% de crianças com até 14 anos de idade extremamente pobres	2,78	0,53
<b>Adultos</b>		
% de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal	44,45	33,62
% de mães chefes de família, sem fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade	11,85	11,58
% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e dependentes de idosos	1,65	1,08
% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e que gastam mais de uma hora até o trabalho	-	0,19
<b>Condição de Moradia</b>		
% da população que vivem em domicílios com banheiro e água encanada	96,03	98,24

Fonte: Atlas Brasil, 2024.

## 1.8. Estudo Populacional da Zona Rural

As metas para o acesso e a promoção da saúde pública previstas no Plano Municipal de Saneamento Rural têm horizonte de planejamento de 20 anos. Para alcançá-las, é necessário conhecer a população do município no final desse período.

O saneamento básico é um conjunto de serviços essenciais para a manutenção da saúde da população.

Diversos métodos podem ser utilizados para estimar o crescimento populacional. Neste estudo, foram utilizados os métodos do Crescimento, Aritmético, Previsão e Geométrico. Para isso, foram utilizados os dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE, referente as projeções da população rural de São Pedro para os anos de 2000, 2010 e 2020.

Com base nos dados do SEADE, foi realizado o estudo da evolução da população total do município por meio dos métodos citados. A tabela a seguir apresenta os dados de população rural do município de São Pedro.

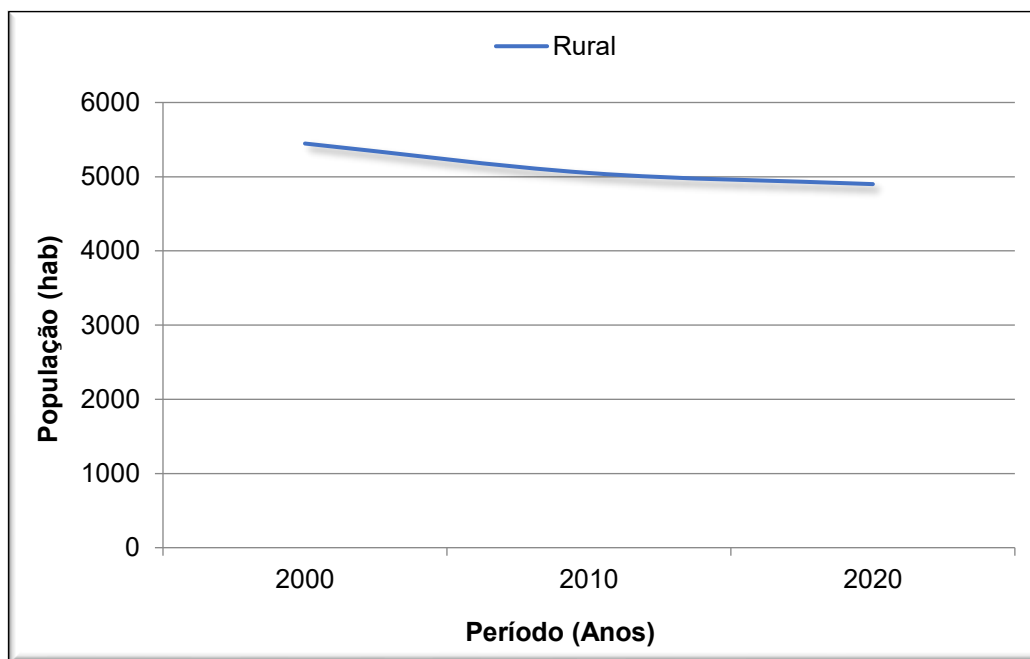
**Tabela 9 – População rural do Município de São Pedro.**

População residente na área rural do Município de São Pedro - SP			
Situação do domicílio	Ano		
	2000	2010	2020
Rural	5.447	5.050	4.439

Fonte: SEADE, 2024.

O gráfico abaixo apresenta a distribuição da população do município entre os anos de 2000 a 2020, conforme dados disponibilizados pelo SEADE.

Gráfico 6 - Evolução da população do Município de São Pedro.



Fonte: SEADE, 2024.

De acordo com a taxa de crescimento anual do período intercensitário, pode-se averiguar que no período entre 2000 a 2010 (-7,29%) e 2010 a 2020 (-2,97%), indicam diminuição no número de habitantes da zona rural.

A fim de definir qual dos métodos matemáticos mais se adequa a realidade da zona rural 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 SEADE, são determinadas a partir da curva que melhor se ajusta aos dados do próprio SEADE. No caso da zona rural do município de São Pedro, a curva que melhor ilustra o comportamento dos dados, foi dada pela curva polinomial.

Sendo assim, a linha de tendência que melhor se ajustou (menor desvio padrão) aos dados do IBGE foi a linha polinomial. 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 da área rural do município, o método Crescimento, que retratou melhor a evolução da população e permitiu estimá-la no futuro.

Este método apresentou a população para os próximos vinte anos para a área rural do município de São Pedro, conforme a tabela a seguir:

**Tabela 10 – Projeção da população rural de São Pedro de 2024 até 2044.**

Ano	População Rural
2025	4.476
2026	4.343
2027	4.214
2028	4.089
2029	3.968
2030	3.850
2031	3.735
2032	3.624
2033	3.517
2034	3.412
2035	3.311
2036	3.213
2037	3.117
2038	3.025
2039	2.935
2040	2.848
2041	2.763
2042	2.681
2043	2.601
2044	2.524

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## 1.9. Principais Fontes Sobre as Políticas Nacionais de Saneamento Básico

- **Lei Federal 11.445, de 5 de janeiro de 2007**

Esta lei instituiu o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) e estabeleceu as diretrizes para o setor de saneamento básico no Brasil. O Plansab tem como objetivo universalizar o acesso à água potável, ao esgotamento sanitário e à coleta e disposição dos resíduos sólidos até 2033. O Plansab é um plano decenal que define os objetivos, metas e ações para o setor de saneamento básico no Brasil. O plano é dividido em quatro eixos estratégicos:

- Universalização do acesso à água potável: o plano tem como objetivo universalizar o acesso à água potável até 2033, garantindo que todas as pessoas tenham acesso à água potável de qualidade, em quantidade suficiente e a um preço acessível;
  - Universalização do esgotamento sanitário: o plano tem como objetivo universalizar o acesso ao esgotamento sanitário até 2033, garantindo que todas as pessoas tenham acesso a um sistema de esgotamento sanitário que trate os dejetos de forma adequada;
  - Melhorar a gestão dos resíduos sólidos: o plano tem como objetivo melhorar a gestão dos resíduos sólidos, incentivando a reciclagem, a compostagem e a redução do consumo de recursos naturais;
  - Proteger o meio ambiente: o plano tem como objetivo proteger o meio ambiente, evitando a poluição da água, do ar e do solo, e promovendo o desenvolvimento sustentável.
- **Lei Federal 14.026, de 15 de julho de 2020**

Esta lei alterou a Lei 11.445 de 2007 e criou o Sistema Nacional de Saneamento Básico (SNSB). O SNSB é um sistema descentralizado de gestão do saneamento básico, composto pela União, estados, municípios e Distrito Federal. O SNSB tem como objetivo coordenar, integrar e promover a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico. O SNSB é composto por cinco órgãos:

- Conselho Nacional de Saneamento Básico (Conasan): o Conasan é o órgão máximo de deliberação do SNSB. É composto por representantes da União, dos estados, dos municípios e do Distrito Federal.
- Agência Nacional de Águas (ANA): a ANA é o órgão responsável pela regulação e fiscalização dos serviços de saneamento básico.

- Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR): o MDR é o órgão responsável pela coordenação da política de saneamento básico.
  - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES): o BNDES é o órgão responsável pela concessão de financiamentos para projetos de saneamento básico.
  - Fundo Nacional de Saneamento Básico (FNS): o FNS é o órgão responsável pela gestão dos recursos financeiros destinados ao saneamento básico.
- **Lei Federal 12.305, de 2 de agosto de 2010**

Esta lei instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A PNRS tem como objetivo criar condições e promover a gestão integrada e sustentável dos resíduos sólidos, considerando as dimensões ambiental, social e econômica. A PNRS também estabeleceu metas para a redução, reutilização, reciclagem e compostagem dos resíduos sólidos. A PNRS é composta por cinco princípios:

- Prevenção e redução à geração: a PNRS tem como objetivo prevenir e reduzir a geração de resíduos sólidos;
  - Reutilização: a PNRS tem como objetivo reutilizar os resíduos sólidos, sempre que possível;
  - Reciclagem: a PNRS tem como objetivo reciclar os resíduos sólidos, sempre que possível;
  - Compostagem: a PNRS tem como objetivo compostar os resíduos orgânicos, sempre que possível;
  - Destinação final ambientalmente adequada: a PNRS tem como objetivo destinar os resíduos sólidos que não podem ser reutilizados, reciclados ou compostados de forma ambientalmente adequada.
- **Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997**

A Lei nº 9.433/1997, também conhecida como Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), é uma lei federal que estabelece as diretrizes para a gestão dos

recursos hídricos no Brasil. A lei foi sancionada em 8 de janeiro de 1997 e entrou em vigor em 1º de janeiro de 1998.

A PNRH tem como objetivo garantir a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para a população e para o desenvolvimento econômico e social. A lei também busca proteger os recursos hídricos contra poluição e degradação. A PNRH estabelece uma série de princípios para a gestão dos recursos hídricos, tais como:

- A água é um bem público de domínio da União;
- A água é um recurso finito e renovável;
- A água deve ser usada de forma racional e sustentável;
- A água deve ser protegida contra poluição e degradação;
- A água deve ser compartilhada de forma justa e equitativa;
- A água deve ser acessível a todos.

A PNRH também estabelece uma série de instrumentos para a gestão dos recursos hídricos, tais como:

- O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH);
- Os Planos Estaduais de Recursos Hídricos (PERH);
- Os Planos Municipais de Recursos Hídricos (PMRH);
- O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH);
- O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CONARH);
- Os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH).

A PNRH é uma lei importante para a melhoria da qualidade de vida da população brasileira e para o desenvolvimento sustentável do país. A lei tem como objetivo garantir que todos tenham acesso à água potável, que os recursos hídricos sejam usados de forma racional e sustentável e que o meio ambiente seja protegido.

- **Programa Nacional de Saneamento Rural**

O Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) é uma iniciativa do governo federal para melhorar o saneamento básico nas áreas rurais do Brasil. O programa foi criado em 2007 e tem como objetivo universalizar o acesso à água potável, ao esgotamento sanitário e ao manejo de resíduos sólidos nas áreas rurais até 2033.

O PNSR é financiado pelo governo federal e pelos governos estaduais e municipais. Os recursos do programa são utilizados para a construção e manutenção de sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos nas áreas rurais e manejo das águas pluviais. O PNSR tem como objetivos:

- Universalizar o acesso à água potável nas áreas rurais;
- Universalizar o acesso ao esgotamento sanitário nas áreas rurais;
- Promover o manejo adequado dos resíduos sólidos nas áreas rurais;
- Melhorar a qualidade de vida da população rural;
- Proteger o meio ambiente.

O PNSR é um programa importante para a melhoria da qualidade de vida da população rural e para a proteção do meio ambiente. Tem como objetivo garantir que todas as pessoas que vivem nas áreas rurais tenham acesso à água potável, ao esgotamento sanitário e ao manejo de resíduos sólidos de forma adequada.

É o primeiro programa do governo federal que tem como foco o saneamento básico nas áreas rurais. O programa tem como objetivo promover a melhoria da qualidade de vida da população rural e para a proteção do meio ambiente.

### **1.10. Programas Existentes no Município de Interesse de Saneamento Básico**

Os três planos identificados no município de São Pedro — Plano Municipal de Mata Atlântica e Cerrado (PMMAC), Plano Municipal de Arborização Urbana (PMAU) e Plano Municipal de Educação Ambiental (PMEA) — possuem conexões

importantes com o saneamento básico, que é fundamental para a qualidade de vida da população e a preservação do meio ambiente.

- a. **Plano Municipal de Mata Atlântica e Cerrado (PMMAC):** Este plano foca na conservação das formações vegetais nativas, que desempenham um papel vital na proteção dos recursos hídricos, essenciais para o saneamento básico. A manutenção de matas ciliares, por exemplo, ajuda a proteger as nascentes e rios que abastecem a cidade, garantindo água limpa e controlando a erosão do solo, o que reduz a sedimentação em corpos hídricos e previne enchentes e outros problemas relacionados ao saneamento;
- b. **Plano Municipal de Arborização Urbana (PMAU):** A arborização urbana contribui para a gestão sustentável das águas pluviais, mitigando os efeitos das enchentes, e ajudando a infiltração da água no solo, o que recarrega os aquíferos e diminui a sobrecarga nos sistemas de drenagem urbana. Além disso, árvores atuam como filtros naturais, absorvendo poluentes e melhorando a qualidade do ar, que, por sua vez, impacta positivamente na saúde pública, reduzindo a demanda por serviços de saneamento em termos de gestão de resíduos e controle de doenças;
- c. **Plano Municipal de Educação Ambiental (PMEA):** A educação ambiental desempenha um papel fundamental ao promover a conscientização da população sobre a importância do saneamento básico e do uso sustentável dos recursos naturais. Através de campanhas educativas, o PMEa pode incentivar práticas como o uso racional da água, a separação adequada do lixo e a proteção das áreas verdes, que são essenciais para a eficácia dos sistemas de saneamento. A educação também reforça a importância da preservação ambiental, que está diretamente ligada à manutenção dos serviços de saneamento, como a qualidade da água e a gestão de resíduos.

Dessa forma, esses planos se interconectam com o saneamento básico ao promover a conservação ambiental, a gestão sustentável dos recursos naturais, e

a conscientização da população, contribuindo para um ambiente mais saudável e sustentável em São Pedro.

### **1.11. Possibilidade de Consórcio com Municípios da Região**

Os consórcios intermunicipais são parcerias estratégicas entre municípios que visam a otimização de recursos e a gestão compartilhada de serviços públicos, proporcionando soluções mais eficazes para problemas comuns e fortalecendo a governança regional. O município de São Pedro participa de alguns consórcios que contribuem significativamente para a qualidade de vida da população.

Entre os consórcios dos quais São Pedro faz parte, destaca-se o Consórcio Intermunicipal de Saúde da Região Metropolitana de Campinas (CISMETRO), com sede em Holambra, SP. Este consórcio tem como objetivo melhorar a gestão e a oferta de serviços de saúde, permitindo que os municípios envolvidos compartilhem recursos, tecnologias e infraestrutura para atender melhor às demandas da população.

São Pedro também integra o Consórcio Intermunicipal das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), com sede em Americana, SP. Esse consórcio é focado na gestão integrada dos recursos hídricos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, promovendo ações que visam a preservação e a recuperação ambiental, bem como a gestão sustentável das águas, o que é essencial para a manutenção do abastecimento e da qualidade da água no município.

Além disso, o município faz parte da Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (ARES-PCJ), também sediada em Americana, SP. A ARES-PCJ atua na regulação e fiscalização dos serviços de saneamento básico prestados nos municípios consorciados, garantindo que esses serviços sejam oferecidos de maneira eficiente, segura e de acordo com as normas ambientais e de saúde pública.

## 1.12. Bairros Rurais de São Pedro

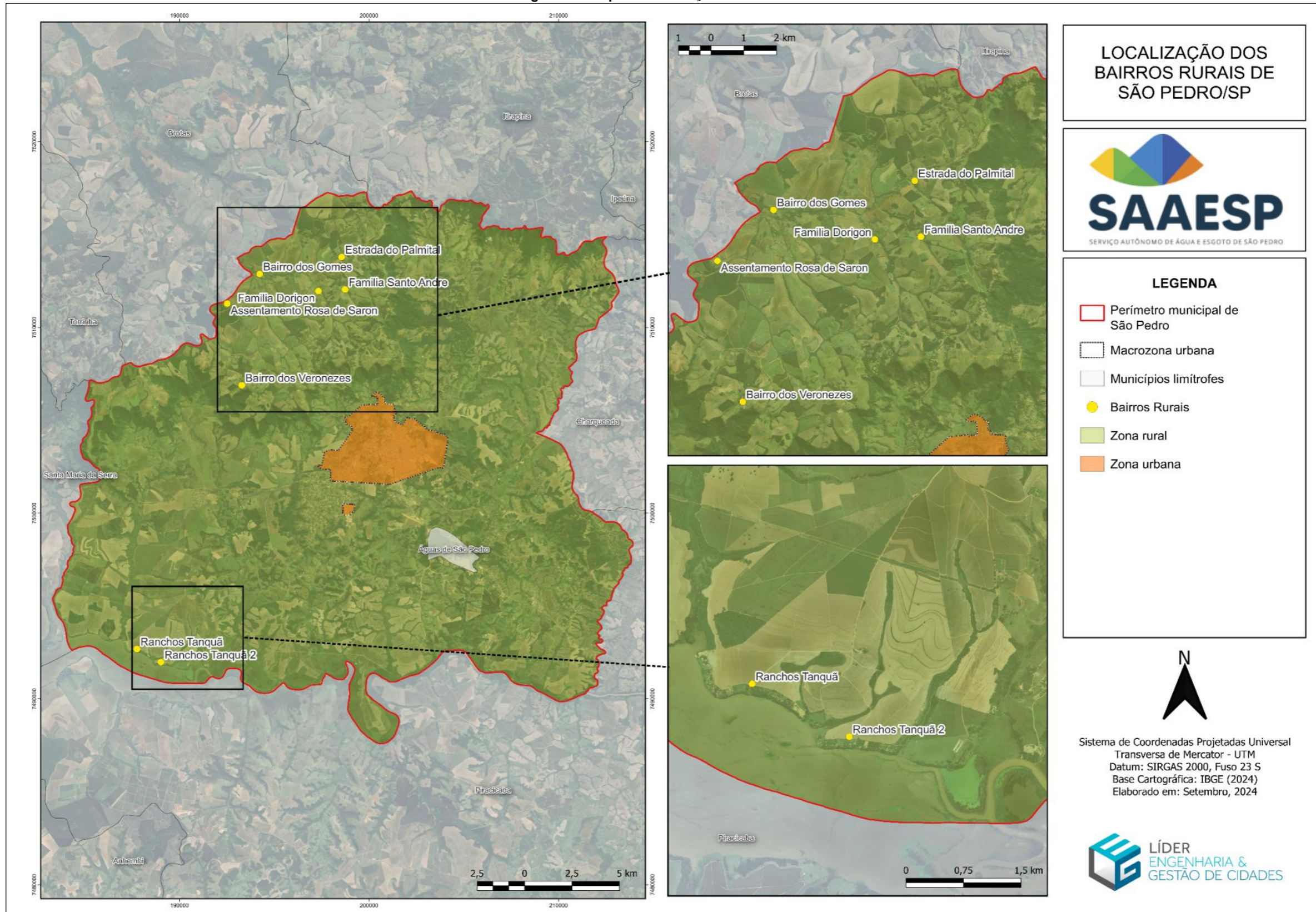
O mapeamento dos bairros rurais de São Pedro foi conduzido primeiramente em conjunto com a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI, que possui amplo conhecimento da área rural do município. Além dos aglomerados rurais já mapeados pela CATI, a contratada, através de imagens de satélites disponibilizadas, identificou mais um aglomerado que posteriormente foi confirmado em campo.

De posse dos aglomerados rurais mapeados, o técnico de campo da Contratada percorreu estes locais realizando o registro fotográfico e o georreferenciamento. Além, de observar outros atributos determinado pelo Termo de Referência como, igrejas, escolas, comércios e postos de saúde. Ressalta-se, que de acordo com o Termo de Referência, os aglomerados rurais são considerados aqueles que possuem no mínimo cinco unidades habitacionais em um raio de duzentos metros. Desse modo, infere-se que os bairros identificados e analisados foram:

- Assentamento Rosa de Saron (192451.17 m E; 7511545.95 m S);
- Bairro dos Gomes (194232.79 m E; 7512875.96 m S);
- Bairro dos Veronezes (193290.83 m E; 7506888.78 m S);
- Bar do Neguinho (199431.20 m E; 7516136.73 m S);
- Estrada do Palmital (198553.74 m E; 7513784.77 m S);
- Família Dorigon (197333.37 m E; 7511953.58 m S);
- Família Santo André (198739.57 m E; 7512036.55 m S);
- Tanquã (804442.01 m E; 7492844.51 m S);
- Tanquã 2 (805681.56 m E; 7492090.04 m S).

Portanto, abaixo encontra-se o mapa das localidades dos bairros rurais do município de São Pedro. Em sequência, seguem as descrições de cada bairro visitado, com os respectivos relatórios fotográficos e georreferenciamento.

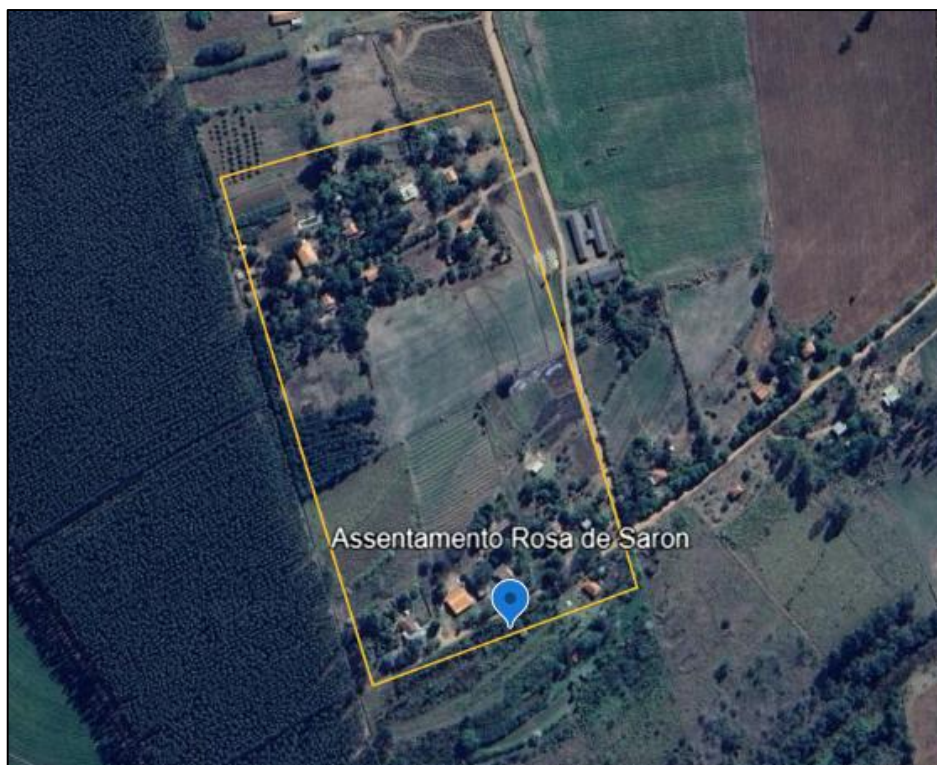
Figura 24 - Mapa de localização de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## A. Assentamento Rosa de Saron

Figura 25 – Localização do Assentamento Rosa de Saron.



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

O Assentamento Rosa de Saron é composto por dezessete famílias, e está localizado nas proximidades do Bairro dos Gomes, com acesso principal realizado por estrada de terra. A comunidade utiliza sistemas de captação de água por meio de poços artesianos ou semiartesianos, o que garante o abastecimento local, ainda que sem tratamento formalizado.

O esgotamento sanitário é realizado de forma individual, através de fossas rudimentares, o que pode apresentar desafios em termos de sustentabilidade e impactos ambientais, especialmente em períodos de chuvas intensas.

## REGISTRO FOTOGRÁFICO

Figura 26 - Acesso principal ao Assentamento Rosa de Saron.

Lat: 22° 27' 52,47"  
Long: 47° 58' 33,70"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 27 - Estradas rurais dentro do Assentamento Rosa de Saron.

Lat: 22° 27' 53,66"  
Long: 47° 58' 33,38"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 33,00"  
Long: 47° 59' 9,28"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 26' 54,99"  
Long 48° 0' 5,37"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 28 - Imóveis rurais do Assentamento Rosa de Saron.

Lat: 22° 28' 32,60"  
Long 47° 59' 24,62"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 30,29"  
Long 47° 59' 20,64"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 30,84"  
Long 47° 59' 21,68"



9 de set de 2024 13:43:57  
Estrada sem nome  
São Sebastião da Serra  
São Pedro  
São Paulo

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 39,87"  
Long 47° 59' 21,88"



9 de set de 2024 13:40:29

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

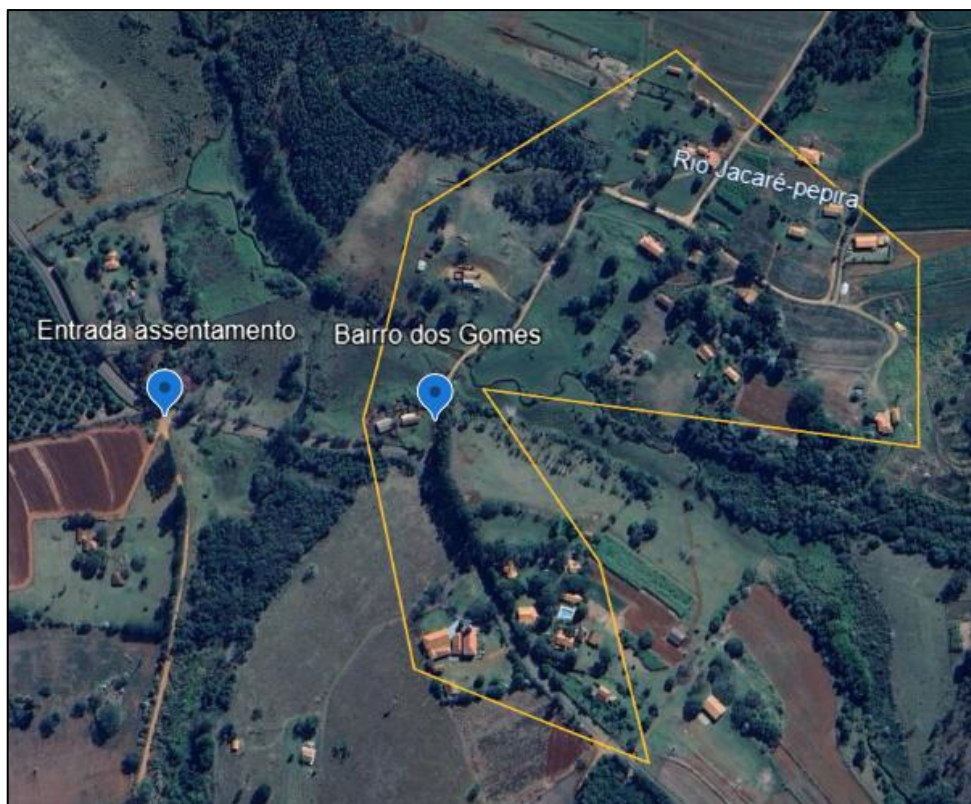
Lat: 22° 28' 34,68"  
Long 47° 59' 11,73"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## B. Bairro dos Gomes

Figura 29 – Localização do bairro dos Gomes.



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

O bairro conta com cerca de dez residências habitadas, localizadas na parte mais distante da estrada principal, com acesso feito por uma via de terra e uma ponte que se encontra em estado razoável de conservação.

Situado próximo a uma igreja presbiteriana, o bairro tem como principal atividade econômica observada a criação de gado leiteiro, uma prática comum entre os moradores, que utilizam as áreas rurais disponíveis para essa finalidade. A infraestrutura geral é simples, porém funcional, atendendo às necessidades básicas da comunidade local.

## REGISTRO FOTOGRÁFICO

Figura 30 - Igreja e principal acesso para o bairro dos Gomes.

Lat: 22° 27' 59,06"  
Long: 47° 58' 23,17"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 58,38"  
Long: 47° 58' 22,35"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 55,22"  
Long: 47° 58' 24,42"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 31 - Vista para os imóveis do bairro dos Gomes.

Lat: 22° 27' 54,82"  
Long: 47° 58' 24,08"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 54,80"  
Long: 47° 58' 24,08"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 32 - Ponte cruzando riacho no bairro dos Gomes.

Lat: 22° 27' 51,62"  
Long: 47° 58' 23,61"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 33 - Imagens diversas do bairro dos Gomes.

Lat: 22° 27' 51,35"  
Long: 47° 58' 23,10"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 59,13"  
Long: 47° 58' 21,01"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 46,92"  
Long: 47° 58' 19,36"



9 de set de 2024 13:09:14  
São Pedro  
São Paulo

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 46,09"  
Long: 47° 58' 18,58"



9 de set de 2024 13:09:40

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 47,86"  
Long: 47° 58' 15,13"



9 de set de 2024 13:10:28

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 48,89"  
Long: 47° 58' 10,57"



9 de set de 2024 13:19:25

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 49,59"  
Long: 47° 58' 10,60"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

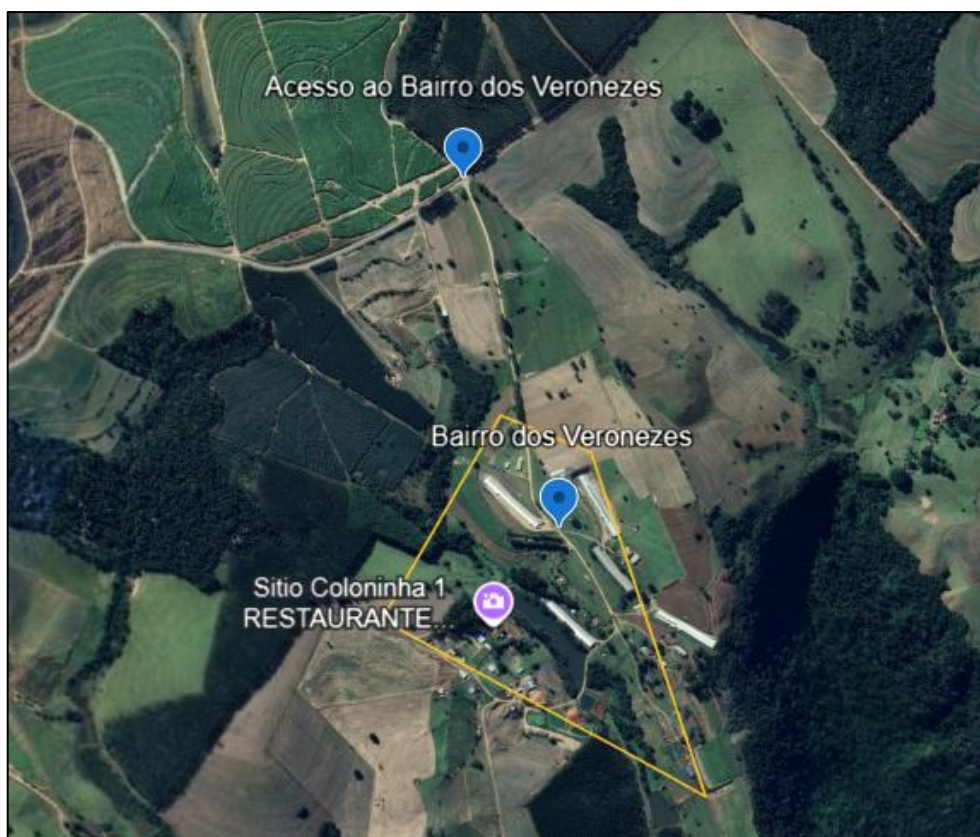
Lat: 22° 27' 49,56"  
Long: 47° 58' 11,30"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## C. Bairro dos Veronezes

Figura 34 – Localização do bairro dos Veronezes.



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

A localidade rural apresentada pela figura acima, acessível por estrada de terra em boas condições, conta com aproximadamente nove imóveis habitados, conforme estimativa dos moradores Antônio e Regina. No caminho até a comunidade, é necessário atravessar ao menos dois mata-burros, ambos em bom estado de conservação.

Segundo os moradores, o esgoto sanitário das residências é destinado para fossas rudimentares, enquanto que o abastecimento de água é realizado por captação de minas e poços rasos. Entre as atividades observadas no local, destacam-se a piscicultura, um restaurante voltado ao turismo rural (Sítio Coloninha 1), a criação de gado leiteiro, o cultivo de soja e a presença de granjas.

## REGISTRO FOTOGRÁFICO

Figura 35 - Acesso principal ao bairro dos Veronezes.

Lat: 22° 30' 40,90"  
Long: 47° 58' 21,27"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 30' 41,72"  
Long: 47° 58' 21,85"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 36 - Imóveis.

Lat: 22° 30' 51,80"  
Long: 47° 58' 59,58"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 30' 51,72"  
Long: 47° 58' 59,62"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 30' 53,52"  
Long: 47° 59' 00,61"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 30' 58,01"  
Long: 47° 59' 00,79"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 30' 52,96"  
Long: 47° 58' 46,16"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 30' 50,97"  
Long: 47° 58' 42,19"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 31' 4,38"  
Long: 47° 58' 56,83"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

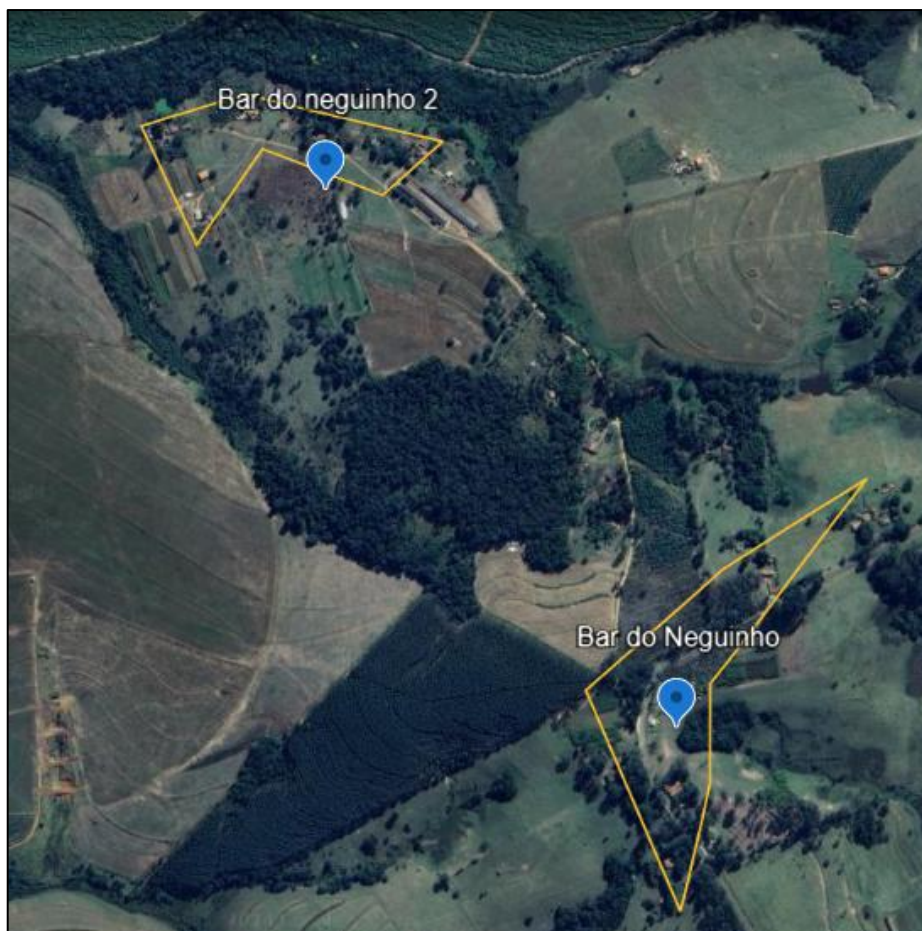
Lat: 22° 31' 2,97"  
Long: 47° 58' 53,76"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## D. Bar do Neguinho

Figura 37 – Localização do bairro Bar do Neguinho.



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

A pequena comunidade rural (Bar do neguinho 2), conhecida localmente como "vilinha", conta com aproximadamente seis imóveis habitados, segundo a estimativa fornecida por uma moradora de um sítio vizinho, que mencionou ter um parente residente no local.

Durante a visita, foi possível identificar a presença de uma granja, além do cultivo de hortaliças, o que sugere que essas atividades agrícolas são parte importante da subsistência dos moradores. O aglomerado Bar do Neguinho (conforme na figura acima) fica ao lado da Rodovia Ulisses Guimarães.

## REGISTRO FOTOGRÁFICO

Figura 38 - Acesso ao bairro Bar do Neginho.

Lat: 22° 31' 00,78"  
Long: 47° 58' 52,42"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 26' 4,69"  
Long: 47° 55' 13,33"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

**Figura 39 - Restaurante.**

Lat: 22° 26' 7,16"  
Long: 47° 55' 13,04"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

**Figura 40 - Imóveis localizados no bairro Bar do Neginho.**

Lat: 22° 25' 33,56"  
Long: 47° 55' 36,18"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 30' 40,90"  
Long: 47° 58' 21,27"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 25' 33,44"  
Long: 47° 55' 37,49"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 25' 33,98"  
Long: 47° 55' 33,44"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 25' 36,04"  
Long: 47° 55' 28,14"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 41 - Estradas rurais dentro do bairro Bar do Neginho.

Lat: 22° 25' 37,59"  
Long: 47° 55' 25,89"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

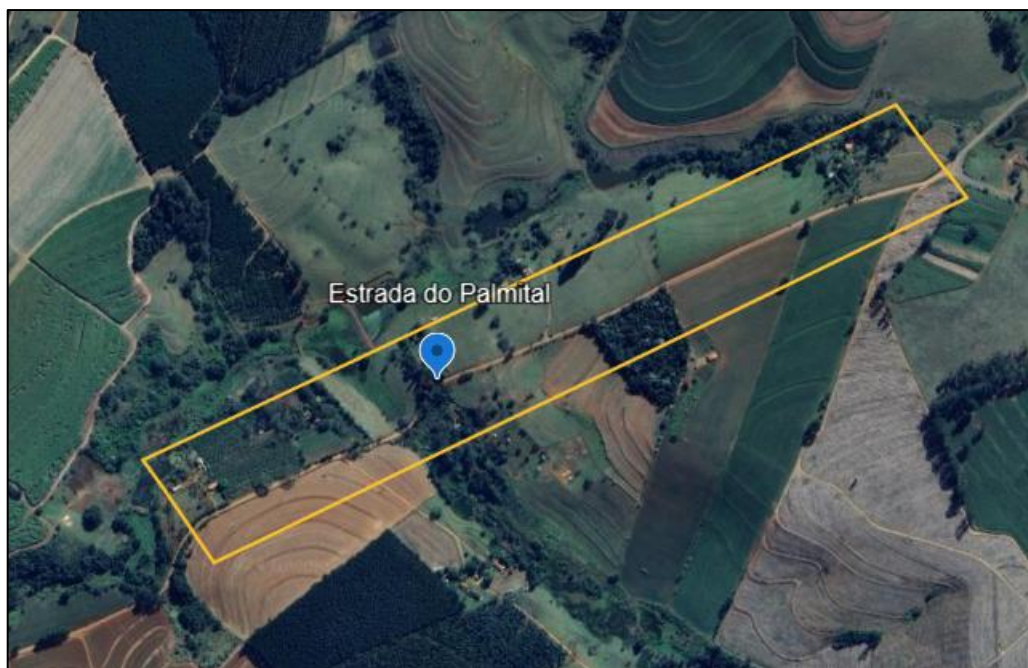
Lat: 22° 25' 42,19"  
Long: 47° 55' 19,78"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## E. Estrada do Palmital

Figura 42 – Localização do bairro Estrada do Palmital.



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

A localidade conecta duas vias vicinais principais, a Rodovia João Dorigon e a Rodovia Ulisses Guimarães. No trecho demarcado e fotografado, há aproximadamente dez imóveis habitados distribuídos linearmente ao longo do caminho.

Em certos pontos, observa-se a proximidade entre as moradias, a maioria delas situada em áreas com nascentes ou um córrego ao fundo, o que ressalta a integração destas propriedades com o ambiente natural da região.

## REGISTRO FOTOGRÁFICO

**Figura 43 - Acesso principal ao bairro Estrada do Palmital.**

Lat: 22° 26' 54,99"  
Long: 47° 00' 5,37"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

**Figura 44 - Estradas rurais dentro do bairro Estrada do Palmital.**

Lat: 22° 28' 9,41"  
Long: 47° 56' 28,15"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 45,82"  
Long: 47° 56' 22,68"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 53,62"  
Long: 47° 56' 25,85"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 45 - Entrada de propriedades rurais no bairro Estrada do Palmital.

Lat: 22° 27' 24,87"  
Long: 47° 55' 49,89"



9 de set de 2024 11:46:36

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 22,60"  
Long: 47° 55' 49,22"



9 de set de 2024 11:48:15

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 20,91"  
Long: 47° 55' 44,46"



9 de set de 2024 11:48:31

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

**Figura 46 - Imóveis localizados no bairro Estrada do Palmital.**

Lat: 22° 27' 20,93"  
Long: 47° 55' 44,93"



9 de set de 2024 11:48:44

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 18,95"  
Long: 47° 55' 39,55"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 9,25"  
Long: 47° 55' 9,79"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## F. Família Dorigon

Figura 47 – Localização do bairro Família Dorigon.



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

O referido aglomerado rural, com cerca de dez imóveis habitados, conforme estimativa dos moradores Ernesta e Marcelo. O local é dividido pelo córrego Jacaré Pepira, que atravessa o núcleo. A ponte sobre o córrego encontra-se em bom estado de conservação. No entanto, foi observado o descarte inadequado de resíduos sólidos na entrada do aglomerado, próximo à estrada asfaltada, o que pode representar um problema ambiental para a região.

## REGISTRO FOTOGRÁFICO

**Figura 48 - Acesso principal ao bairro Família Dorigon.**

Lat: 22° 28' 16,23"  
Long: 47° 56' 37,74"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

**Figura 49 - Estradas rurais no bairro Família Dorigon.**

Lat: 22° 28' 11,74"  
Long: 47° 56' 35,19"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 10,70"  
Long: 47° 56' 33,14"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 15,85"  
Long: 47° 56' 37,73"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 50 - Imóveis localizados no bairro Família Dorigon.

Lat: 22° 28' 11,87"  
Long: 47° 56' 24,85"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 12,74"  
Long: 47° 56' 23,64"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 15,02"  
Long: 47° 56' 23,25"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 15,66"  
Long: 47° 56' 32,80"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 17,09"  
Long: 47° 56' 31,23"



9 de set de 2024 10:29:11

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 17,25"  
Long: 47° 56' 31,07"



9 de set de 2024 10:28:52

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 51 - Corpo hídrico localizado no bairro Família Dorigon.

Lat: 22° 28' 10,52"  
Long: 47° 56' 33,46"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 10,62"  
Long: 47° 56' 33,46"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 52 - Lavoura de cana no bairro Família Dorigon.

Lat: 22° 28' 15,99"  
Long: 47° 56' 37,36"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 53 - Descarte irregular de resíduos sólidos na entrada do bairro Família Dorigon.

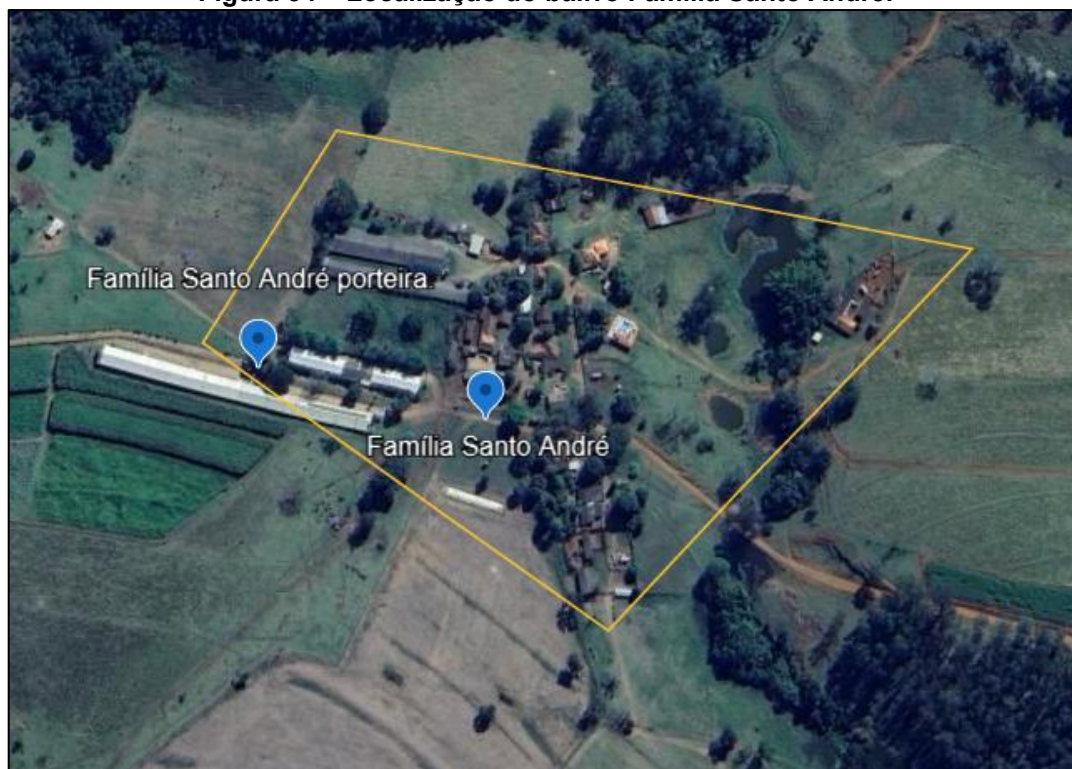
Lat: 22° 28' 15,89"  
Long: 47° 56' 37,40"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## G. Família Santo André

Figura 54 – Localização do bairro Família Santo André.



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

Foram observadas três moradias até o ponto em que o técnico adentrou na área. Há um sítio próximo que aparentemente não faz parte da mesma unidade familiar. Embora o técnico tenha chamado pelos moradores, não obteve resposta. Também foi notada uma grande estrutura de granja no local. O acesso se dá por uma estrada de terra, passando por uma ponte que se encontra em bom estado, conforme registrado nas imagens.

## REGISTRO FOTOGRÁFICO

Figura 55 - Estadas rurais dentro do bairro Família Santo André.

Lat: 22° 27' 53,62"  
Long: 47° 56' 25,85"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 54,04"  
Long: 47° 56' 26,03"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 26' 54,99"  
Long: 47° 00' 5,37"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

**Figura 56 - Corpo hídrico dentro do bairro Família Santo André.**

Lat: 22° 28' 9,41"  
Long: 47° 56' 28,15"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 27' 45,81"  
Long: 47° 56' 22,47"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

**Figura 57 - Imóveis no bairro Família Santo André.**

Lat: 22° 28' 16,46"  
Long: 47° 55' 45,80"



9 de set de 2024 11:19:41  
Estrada sem nome  
São Pedro  
São Paulo

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 15,84''  
Long: 48° 55' 45,04''



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 17,04''  
Long: 47° 55' 39,72''



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 28' 17,26"  
Long: 47° 55' 40,67"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

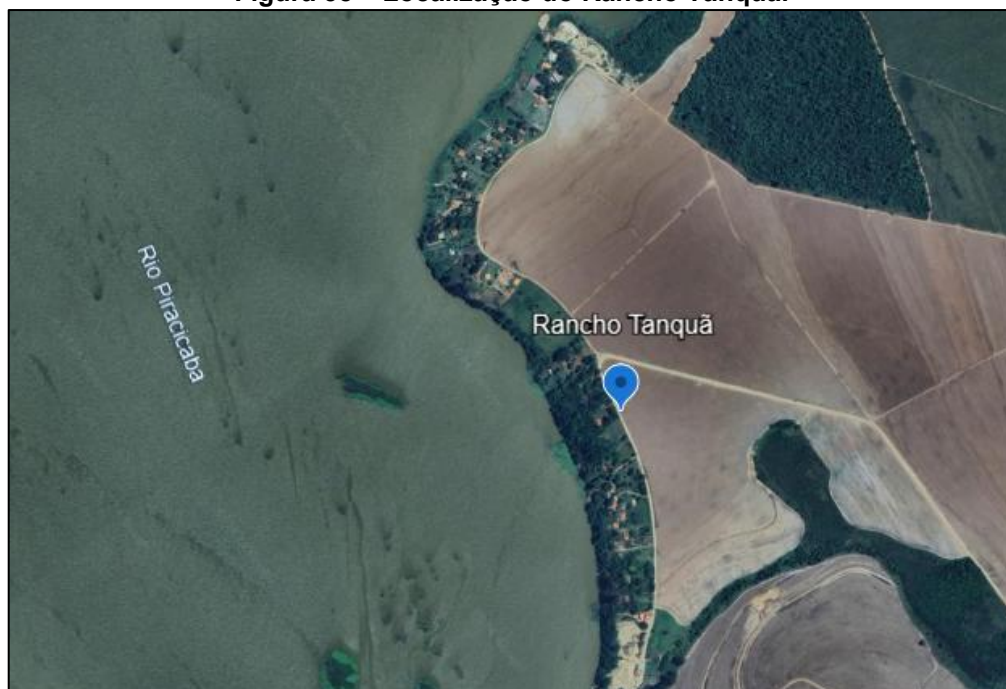
Lat: 22° 28' 16,59"  
Long: 47° 55' 46,04"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## H. Rancho Tanquã

Figura 58 – Localização do Rancho Tanquã.



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

Apesar de este aglomerado rural não apresentar características de propriedades rurais, como determinado pelo Art. 4º, Inciso I da Lei Federal nº 4.504/1964, e sim, como uma área típica de moradias de veraneio, optou-se também por realizar o seu registro fotográfico e o seu georreferenciamento.

O Bairro Rancho Tanquã está localizado às margens do rio Piracicaba, estando próximo ao bairro Rancho Tanquã 2.

Destaca-se a presença de um ponto de descarte irregular de resíduos sólidos, em estrada rural, exibindo um cenário de descuido pelos próprios moradores, conforme imagem registrada. Infere-se que a mesma estrada aparece no registro fotográfico do bairro Rancho Tanquã 2.

## REGISTRO FOTOGRÁFICO

Figura 59 - Entrada principal de acesso ao Rancho Tanquã.

Lat: 22° 34' 1,07"  
Long: 48° 00' 24,18"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 34' 3,37"  
Long: 48° 00' 25,29"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 60 - Estradas rurais presentes no Rancho Tanquã.

Lat: 22° 34' 3,44"  
Long: 48° 00' 25,33"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 36' 15,45"  
Long: 48° 00' 33,95"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 38' 41,18"  
Long: 48° 2' 8,40"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

**Figura 61 - Ranchos.**

Lat: 22° 38' 41,17"  
Long: 48° 2' 8,44"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 38' 41,16"  
Long: 48° 2' 8,45"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 38' 41,28"  
Long: 48° 2' 8,04"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 38' 41,83"  
Long: 48° 2' 6,04"



10 de set de 2024 08:14:31

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 38' 42,78"  
Long: 48° 2' 4,14"



10 de set de 2024 08:14:53

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 38' 43,74''

Long: 48° 2' 2,56''



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 38' 45,00''

Long: 48° 2' 0,54''



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 38' 45,81"  
Long: 48° 1' 59,00"



10 de set de 2024 08:23:36

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 38' 39,78"  
Long: 48° 2' 25,81"



10 de set de 2024 08:26:06

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 62 - Ponto de descarte irregular de resíduos sólidos.

Lat: 22° 54' 9,07"  
Long: 48° 25' 54,24"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

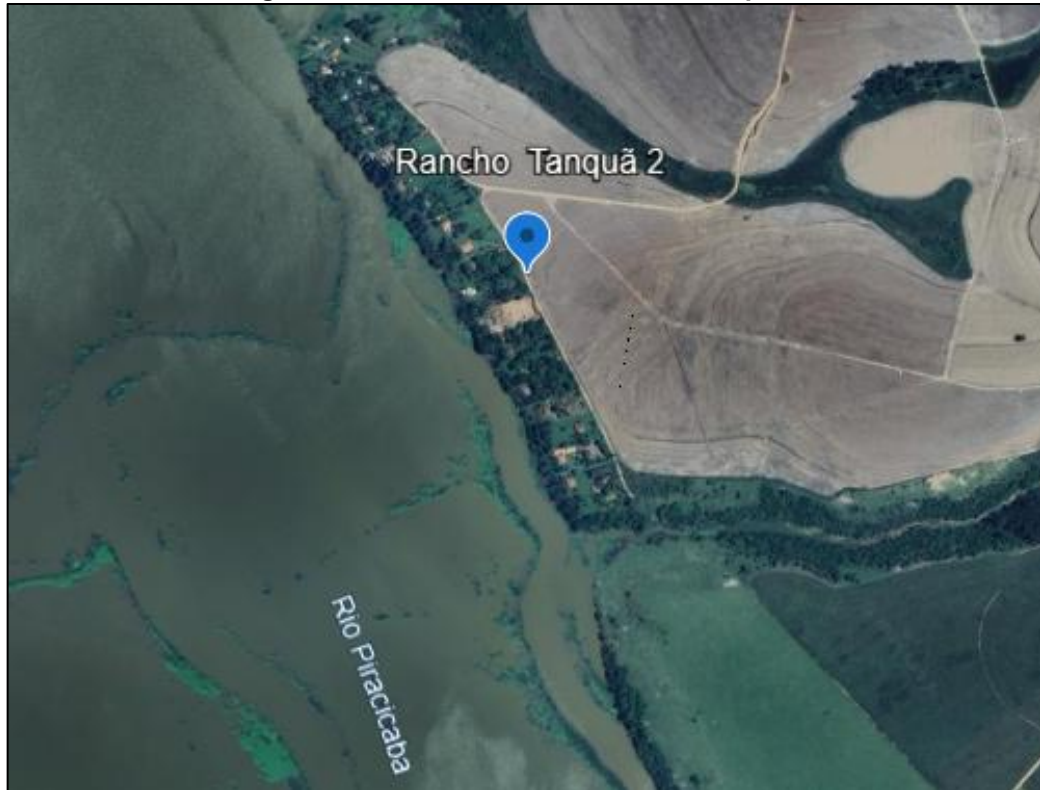
Lat: 22° 38' 24,87"  
Long: 48° 1' 29,92"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## I. Rancho Tanquã 2

Figura 63 – Localização do Rancho Tanquã 2.



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

Assim como o Rancho Tanquã, essa localidade não apresenta atividade rural por ser uma área típica de moradias de veraneio, representando um núcleo de chácaras de 5.000 metros, próximo ao rio Piracicaba.

## REGISTRO FOTOGRÁFICO

Figura 64 - Estrada principal de acesso ao Rancho Tanquã 2.

Lat: 22° 38' 58,42"  
Long: 48° 1' 28,12"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 65 - Capela.

Lat: 22° 38' 35,14"  
Long: 48° 1' 35,62"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 66 - Ranchos.

Lat: 22° 39' 3,80"  
Long: 48° 1' 41,38"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 39' 3,61"  
Long: 48° 1' 40,55"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 39' 3,32"  
Long: 48° 1' 38,80"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 39' 3,22"  
Long: 48° 1' 37,05"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 39' 2,66"  
Long: 48° 1' 32,69"



10 de set de 2024 08:57:10

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 39' 3,94"  
Long: 48° 1' 26,61"



10 de set de 2024 08:58:59

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 39' 6,42"  
Long: 48° 1' 13,09"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Lat: 22° 39' 6,77"  
Long: 48° 1' 12,97"



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

## 2. LEVANTAMENTO DE DADOS

A aplicação do questionário à população rural de São Pedro teve como principal objetivo obter dados primários necessários para a construção de um diagnóstico detalhado e preciso sobre os quatro eixos fundamentais do saneamento rural: abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais. Esses dados são essenciais para identificar as necessidades e os desafios específicos enfrentados pela comunidade rural, possibilitando um planejamento mais eficaz e direcionado.

A equipe técnica responsável pela coleta de informações delineou um roteiro de campo meticulosamente planejado, considerando critérios específicos para a seleção das propriedades a serem visitadas. Este cuidado no planejamento garantiu que a amostra fosse representativa da diversidade das áreas rurais do município. No total, foram coletadas informações de 71 propriedades a partir das 78 visitadas, o que permitiu uma boa base de dados para as análises subsequentes.

As informações gerais referentes às propriedades rurais do município de São Pedro foram obtidas por meio da realização de duas etapas de pesquisa. A primeira etapa consistiu na aplicação de questionários in loco, com visitas diretas às propriedades, abrangendo de forma mais detalhada os quatro eixos do saneamento básico.

A segunda etapa da pesquisa foi realizada de forma remota, abrangendo propriedades do Bairro Galante – Alto da Serra, contemplando informações das famílias Fonseca e Galante. Esta pesquisa complementar teve como objetivo ampliar a base de informações sobre a realidade das propriedades rurais. Nessa segunda coleta, foram obtidos apenas dados relacionados ao abastecimento de água, destino dos esgotos e formas de descarte dos resíduos sólidos domiciliares em um total de 13 propriedades localizadas nas referidas localidades.

A coleta de dados foi, portanto, realizada em três etapas distintas. A primeira visita teve um caráter exploratório, permitindo o reconhecimento da área e a definição das melhores abordagens para a aplicação do questionário. Já a segunda visita foi dedicada exclusivamente à aplicação dos questionários, com o acompanhamento de um técnico de campo, que registrou cuidadosamente as respostas dos moradores. A

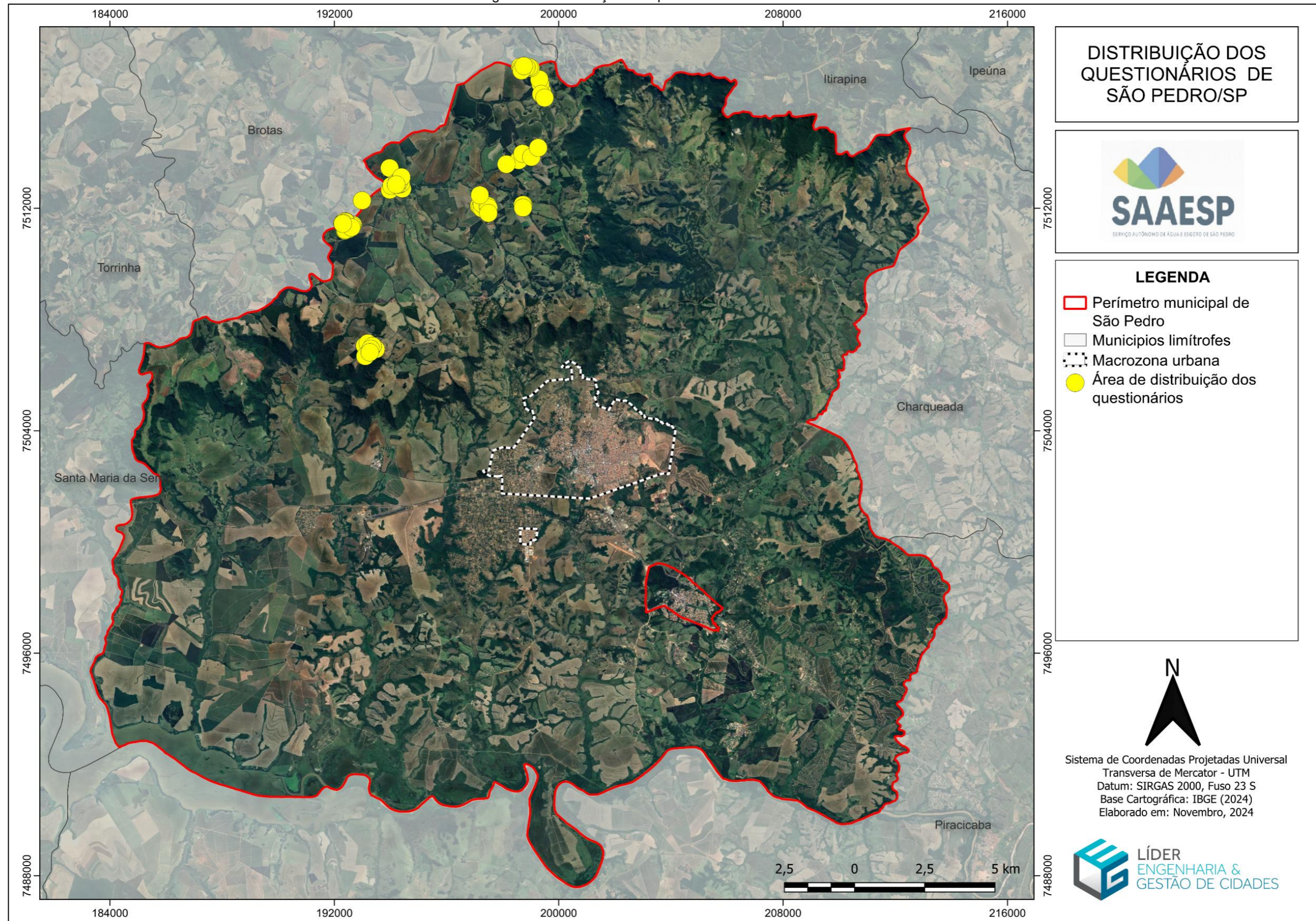
terceira pesquisa, feita de forma remota, permitiu uma maior abrangência das informações acerca de uma região rural do município não contemplada anteriormente.

Essa abordagem garantiu a precisão das informações obtidas, além de possibilitar uma interação direta com os participantes. Em situações específicas, o técnico auxiliou na leitura e no preenchimento dos questionários, assegurando que todas as questões fossem devidamente respondidas de acordo com as necessidades e interpretações dos moradores.

A amostra de localidades rurais foi diversificada e englobou diferentes realidades do município, incluindo áreas como o Assentamento Rosa de Saron, Bairro dos Gomes, Bairro Veroneze, Bar do Neguinho, Estrada do Palmital, Família Dorigon, Família Santo André, Família Fonseca e Família Galante. Essa abrangência foi fundamental para garantir que as particularidades de cada localidade fossem consideradas no diagnóstico do saneamento rural de São Pedro.

A Figura 67 apresenta os pontos de aplicação dos questionários nas propriedades rurais de São Pedro.

Figura 67 - Distribuição dos questionários de São Pedro/SP



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

O saneamento básico é reconhecido como um direito fundamental de todos os brasileiros, independentemente do local onde residem. No entanto, ainda persiste uma significativa desigualdade no acesso a esses serviços no Brasil, sendo o saneamento rural um dos maiores desafios a serem enfrentados. A escassez de infraestrutura adequada para o saneamento nas áreas rurais acarreta sérias consequências para a saúde pública e o meio ambiente.

Quando os esgotos das propriedades rurais não são devidamente coletados e tratados, há o risco de contaminação dos cursos d'água, do solo e do ar. Isso não apenas degrada o meio ambiente, mas também propaga doenças que afetam diretamente as comunidades rurais. O tratamento inadequado dos efluentes e a falta de um sistema estruturado de saneamento contribuem para um ciclo de problemas de saúde, dificultando a qualidade de vida dessas populações.

Os desafios do saneamento rural são variados e exigem soluções específicas para as realidades locais. A dispersão geográfica das propriedades, que frequentemente são isoladas e distantes umas das outras, torna a implantação de redes de coleta e tratamento de esgoto um desafio logístico e financeiro. Além disso, a baixa densidade populacional nas áreas rurais eleva os custos de implantação e operação das infraestruturas, tornando-as ainda mais onerosas.

Contudo, o Novo Marco Legal do Saneamento, instituído pela Lei nº 14.026/2020, representa um avanço significativo na abordagem do saneamento rural, pois, estabelece a universalização do acesso aos serviços básicos até 2033, incluindo as áreas rurais. Este marco legal reflete um compromisso do poder público em promover a inclusão das comunidades rurais no acesso a esses serviços essenciais, visando à melhoria das condições de vida e saúde da população.

Além disso, a regulamentação das áreas de proteção de mananciais municipais será regida pela Lei nº 14.026/2020 e pelos regulamentos derivados dela, em conformidade com as legislações Estadual e Federal. Este conjunto normativo visa garantir a proteção e a manutenção da capacidade de infiltração da água no solo, essencial para a preservação dos depósitos hídricos naturais e para a segurança ambiental das áreas rurais.

Dessa forma, o diagnóstico a seguir abordará as condições atuais dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, gestão de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais nas áreas rurais do município de São Pedro. Com base nesses dados e informações, será possível propor ações e soluções que visem otimizar a funcionalidade desses sistemas, promovendo a melhoria contínua da qualidade de vida da população rural e assegurando o cumprimento das metas de universalização do saneamento básico.

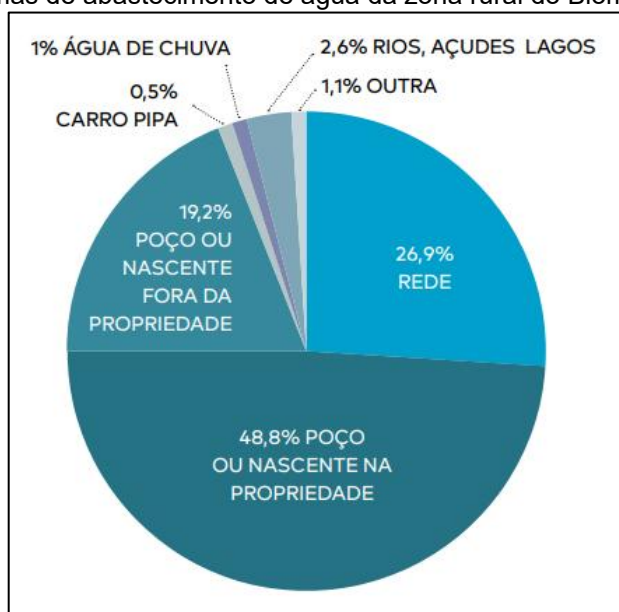
### 3.1. Sistema de Abastecimento de Água

Os serviços de saneamento são essenciais para garantir a saúde e o bem-estar da população, abrangendo tanto áreas urbanas quanto rurais. Entretanto, no contexto rural, existe uma carência no acesso ao abastecimento de água de qualidade, o que compromete a qualidade de vida das comunidades e representa riscos ao meio ambiente.

A ausência de sistemas adequados de abastecimento de água nas áreas rurais pode levar à contaminação dos recursos hídricos e do solo, agravando os problemas sanitários nessas localidades. De acordo com o Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural (2019), os biomas Mata Atlântica e Cerrado, que abrangem o município de São Pedro, concentram uma grande quantidade de propriedades rurais em relação a outros biomas brasileiros.

No Bioma Mata Atlântica, o abastecimento de água na zona rural ocorre, em sua maioria, por meio de poços e nascentes localizados dentro das propriedades. A Figura 68 ilustra essa realidade.

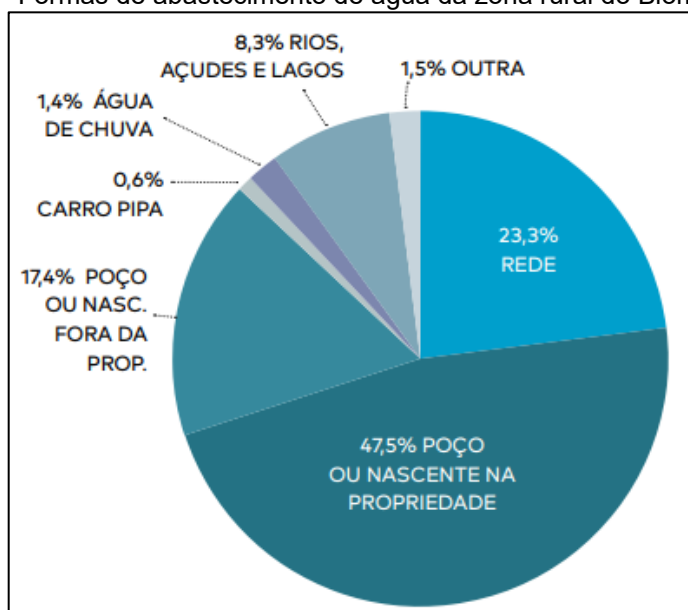
Figura 68 - Formas de abastecimento de água da zona rural do Bioma Mata Atlântica.



Fonte: Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

No Bioma Cerrado, o abastecimento de água também ocorre predominantemente por meio de poços ou nascentes localizados dentro das propriedades. Essa forma de captação corresponde a quase metade dos casos registrados, como apresentado na Figura 69.

Figura 69 - Formas de abastecimento de água da zona rural do Bioma Cerrado.



Fonte: Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Nas áreas rurais de São Pedro, a água utilizada pelas comunidades é obtida, principalmente, por meio de poços e nascentes, que se destacam como fontes hídricas de grande relevância. As nascentes, em particular, são valorizadas pela qualidade superior da água que oferecem, sendo frequentemente consumida diretamente, sem passar por algum tipo de tratamento.

A rica disponibilidade hídrica, proporcionada pelos biomas Cerrado e Mata Atlântica, sustenta o uso predominante dessas fontes nas propriedades rurais, como mostra na Figura 68 e Figura 69. No entanto, a ausência de infraestrutura para tratamento de água, aliada à possibilidade de contaminação das fontes, pode gerar riscos à saúde das comunidades. Por isso, é fundamental avaliar as condições dessas captações para propor soluções que garantam o acesso a água potável de forma segura.

### 3.1.1. Identificação de Mananciais para Abastecimento Futuro

#### 3.1.1.1. Mananciais Superficiais

A compreensão da hidrologia de uma bacia hidrográfica é essencial para seu manejo sustentável. Por isso, torna-se indispensável realizar estudos que identifiquem a dinâmica temporal e espacial dos parâmetros ambientais.

Conforme destacado no **Levantamento da Rede Hidrográfica**, São Pedro está situado entre duas bacias hidrográficas. A maior parte do território, 90,58%, está inserida na Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), enquanto 9,42% pertence à Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré.

Os principais cursos d'água que atravessam essas bacias incluem o Rio Jacaré-Pepira, o Ribeirão Água Branca, o Ribeirão Vermelho, o Córrego da Barra, o Ribeirão do Meio, o Ribeirão Samambaia, o Rio Araquá e o Rio Piracicaba. Esses recursos hídricos desempenham um papel fundamental no abastecimento e na manutenção dos ecossistemas locais, reforçando a importância de um planejamento criterioso para sua preservação.

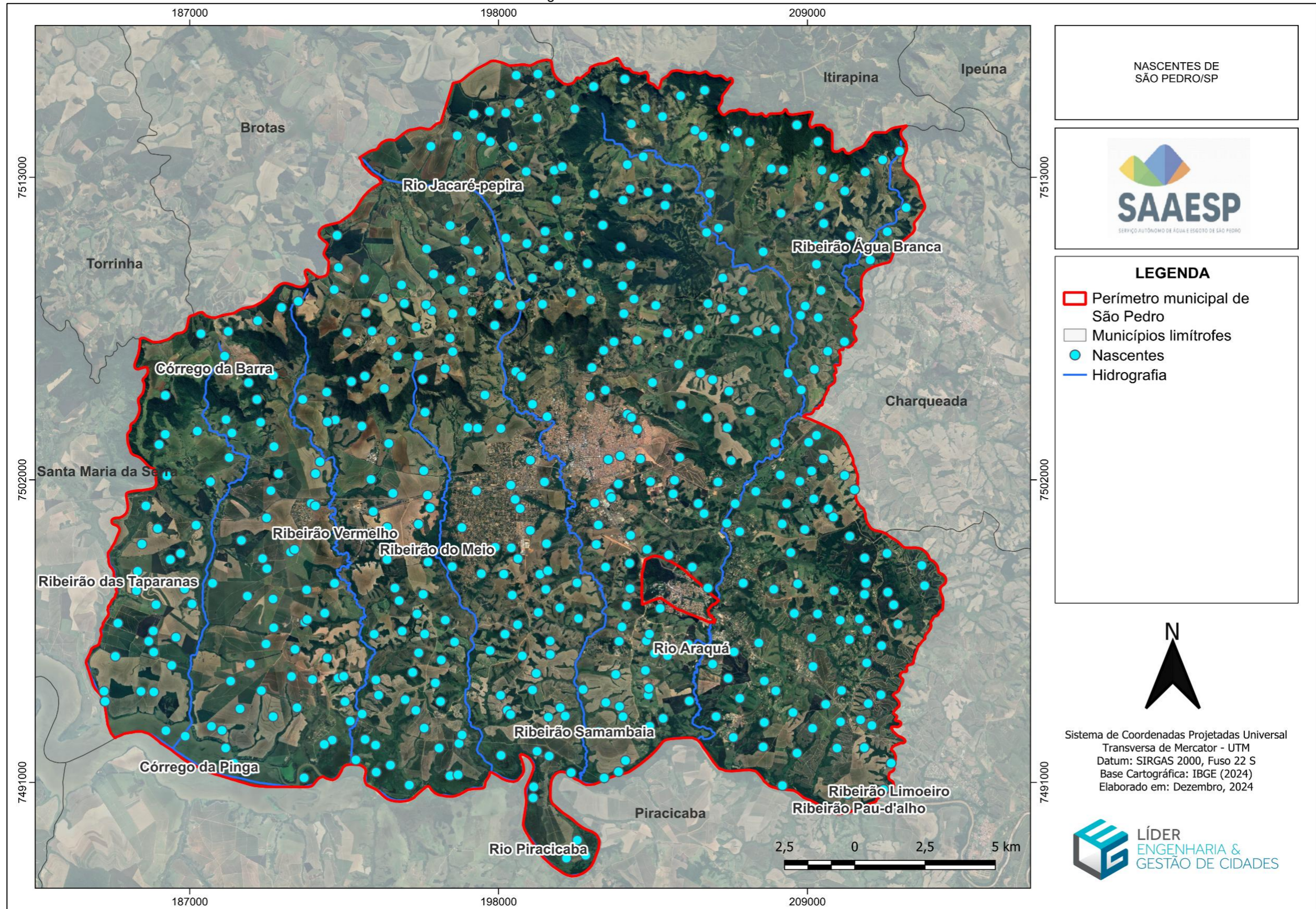
A captação superficial em nascentes na zona rural tem papel vital na provisão de água para comunidades e propriedades rurais, além de atender à agricultura e à criação de animais. Nascentes são fontes naturais de água que emergem da terra, e a captação nessas áreas é uma prática comum em regiões rurais.

Muitas comunidades dependem das nascentes para o abastecimento de água potável, que geralmente é coletada em pequenas estruturas, como tanques de pedra ou caixas d'água. É fundamental garantir a qualidade dessa água, realizando testes regulares para assegurar que seja segura para o consumo humano.

O manejo sustentável das nascentes é essencial para garantir sua disponibilidade contínua. Práticas como a conservação do solo e a proteção da vegetação nas áreas circundantes são importantes para preservar a qualidade e a quantidade da água. A degradação dessas áreas pode comprometer a nascente, reduzindo o fluxo de água.

Diante do exposto, a seguir a Figura 70 apresenta a localização das nascentes dentro do limite territorial de São Pedro.

Figura 70 - Nascentes de São Pedro/SP.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.1.1.2. Mananciais Subterrâneos

A captação de água por poços é uma prática amplamente disseminada no Brasil, sendo necessária para garantir o abastecimento hídrico em várias regiões, especialmente naquelas onde o acesso a fontes superficiais, como rios e lagos, é limitado ou inexistente. A exploração de águas subterrâneas via poços torna-se, portanto, uma solução indispensável para atender às necessidades humanas e produtivas, assegurando o acesso à água potável.

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2019 o país contabilizava aproximadamente 800 mil poços tubulares profundos em operação. A água extraída desses poços é utilizada para múltiplas finalidades, abrangendo desde a agricultura e irrigação até a indústria e o consumo doméstico, reforçando sua importância para a economia e o bem-estar social.

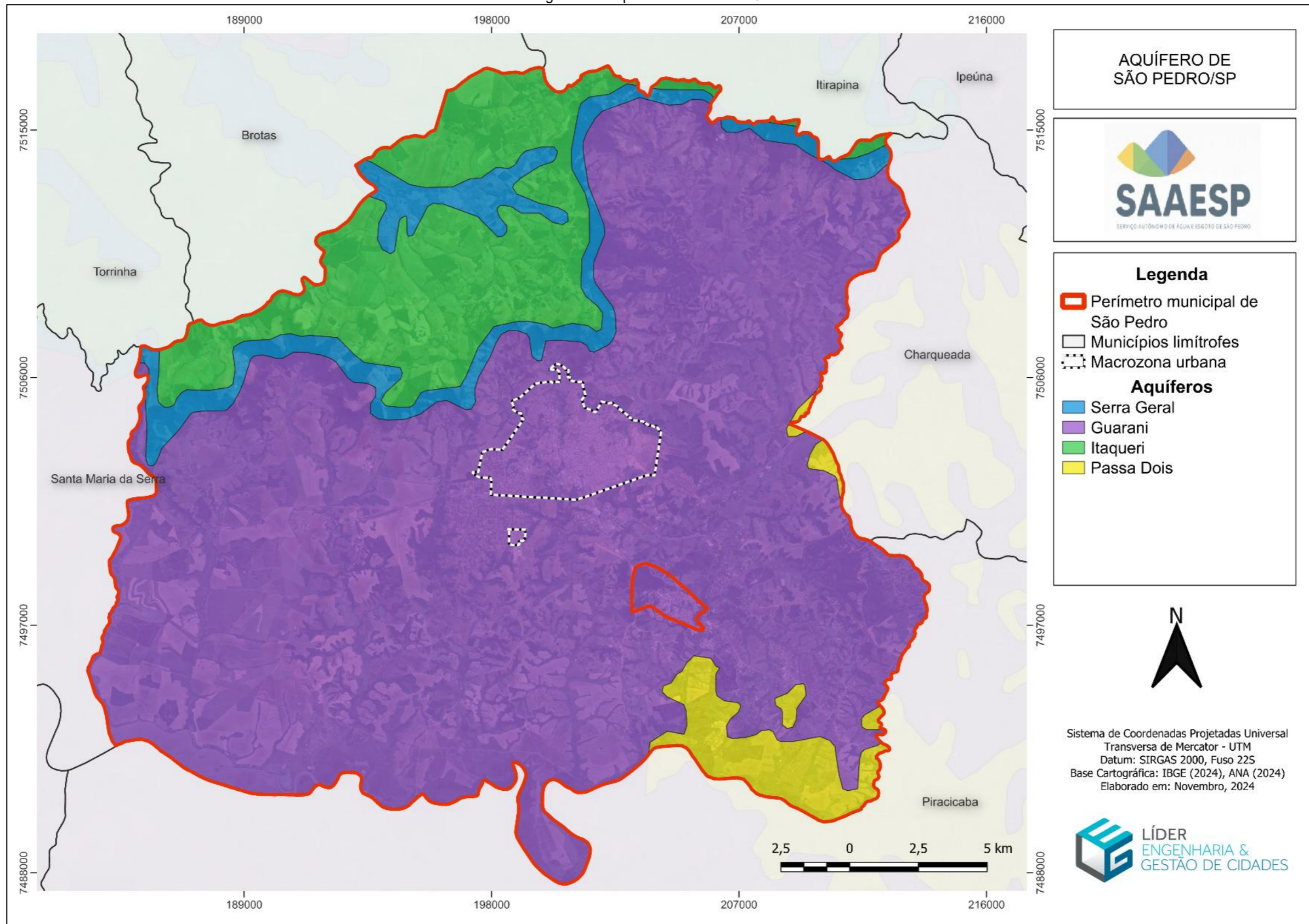
Entretanto, a locação e a perfuração de poços profundos enfrentam desafios em algumas regiões devido à presença de aquíferos fissurados, cuja estrutura geológica dificulta a obtenção de água em volume satisfatório. Nessas situações, é necessário empregar técnicas avançadas de perfuração para garantir que a captação seja adequada às demandas locais, sem comprometer a viabilidade técnica e econômica do empreendimento.

A crescente escassez de recursos hídricos superficiais, observada tanto em áreas urbanas quanto em comunidades rurais isoladas, tem intensificado a dependência das águas subterrâneas. Esse cenário evidencia a urgência de fortalecer a regulamentação sobre o uso desse recurso, de modo a prevenir sua superexploração. A retirada de água em volumes superiores à recarga natural compromete o equilíbrio do ciclo hidrológico, afetando diretamente a disponibilidade hídrica futura e os ecossistemas associados.

A quantidade, qualidade e fluxo das águas subterrâneas dependem diretamente das características geotécnicas das formações rochosas e dos sedimentos presentes na região. Assim, uma análise criteriosa dessas características é imprescindível para garantir o uso sustentável do recurso, assegurando o abastecimento hídrico para a população rural de forma duradoura.

Com base na Figura 71, elaborada a partir da cartografia disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA), é possível observar a distribuição dos recursos hídricos subterrâneos no território de São Pedro.

Figura 71 - Aquífero de São Pedro/SP.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A hidrogeologia de São Pedro destaca a relevância de seus mananciais subterrâneos, que formam um sistema estratégico para o abastecimento hídrico local e regional. Os aquíferos Serra Geral, Guarani, Itaqueri e Passo Dois representam reservas de grande importância, com características distintas que influenciam diretamente a capacidade de armazenamento e a qualidade da água disponível para as comunidades.

Esses mananciais subterrâneos estão intimamente ligados às formações geológicas locais. O sistema mais superficial, composto por depósitos sedimentares e materiais vulcânicos, desempenha um papel essencial na captação de água. Entretanto, a recarga desses aquíferos depende fortemente das precipitações locais e das condições de infiltração, tornando-os vulneráveis à contaminação e às pressões antrópicas, como o uso intensivo do solo para a agricultura, a expansão urbana desordenada e o descarte inadequado de resíduos.

Os reservatórios mais profundos, como os aquíferos associados ao Guarani, possuem alta capacidade de armazenamento graças à presença de arenitos porosos e permeáveis, que permitem o acúmulo de grandes volumes de água. Contudo, suas áreas de recarga são limitadas e localizadas principalmente em pontos de afloramento. Essa característica exige estratégias rigorosas de manejo e proteção, como o controle do uso do solo nessas áreas, a preservação da vegetação nativa e a regulamentação de atividades potencialmente poluidoras.

Os basaltos fissurados, característicos do aquífero Serra Geral, complementam esse sistema ao armazenar água em fraturas e fissuras, contribuindo significativamente para o abastecimento de pequenas comunidades rurais. Essas formações são particularmente importantes em regiões com menor acesso a recursos hídricos superficiais, garantindo uma fonte estável e acessível de água para usos domésticos e produtivos.

A interação entre os diferentes mananciais subterrâneos cria uma rede hidrogeológica dinâmica, que favorece fluxos constantes e resilientes. No entanto, essa interconexão também amplifica os riscos de contaminação e sobreexploração, caso o manejo não seja adequado. Por exemplo, a contaminação de um aquífero superficial pode se propagar para camadas mais profundas, comprometendo o sistema como um todo.

Diante desse cenário, a gestão integrada dos mananciais subterrâneos torna-se imprescindível para atender às demandas crescentes de água, especialmente em

contextos de mudanças climáticas, que podem alterar os padrões de recarga e disponibilidade hídrica. Investir em medidas de proteção, como o monitoramento contínuo da qualidade da água e o uso racional dos recursos hídricos, é essencial para assegurar a sustentabilidade desses aquíferos no longo prazo.

### 3.1.2. 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 (Carolo, 2007).

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

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

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

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

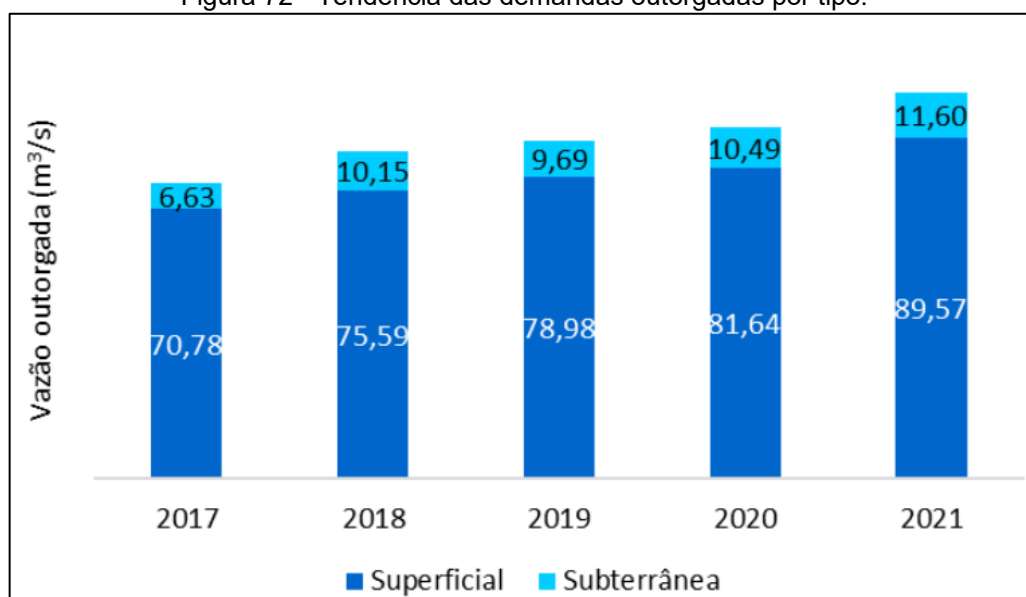
- I. A execução de obras ou serviços que possam alterar o regime, a quantidade e a qualidade de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos;
- II. A execução de obras para extração de águas subterrâneas;
- III. A derivação de água do seu curso ou depósito, superficial ou subterrâneo, para fins de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

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

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

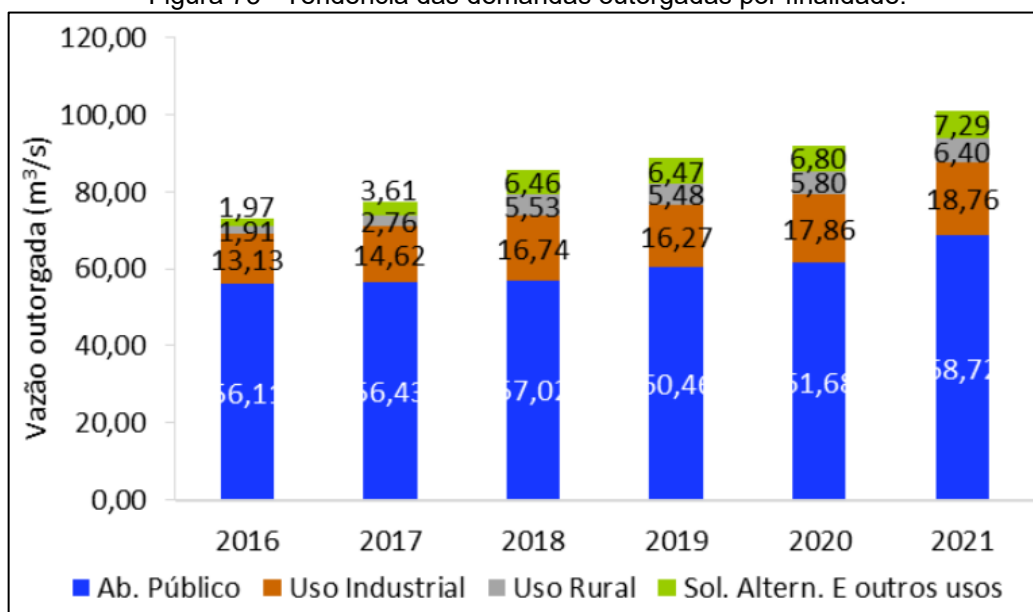
Conforme os registros do banco de outorgas do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2022), a Figura 72 e Figura 73 expõe as demandas outorgadas por tipo e por finalidade, respectivamente.

Figura 72 - Tendência das demandas outorgadas por tipo.



Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos, 2022, ano base 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 73 - Tendência das demandas outorgadas por finalidade.

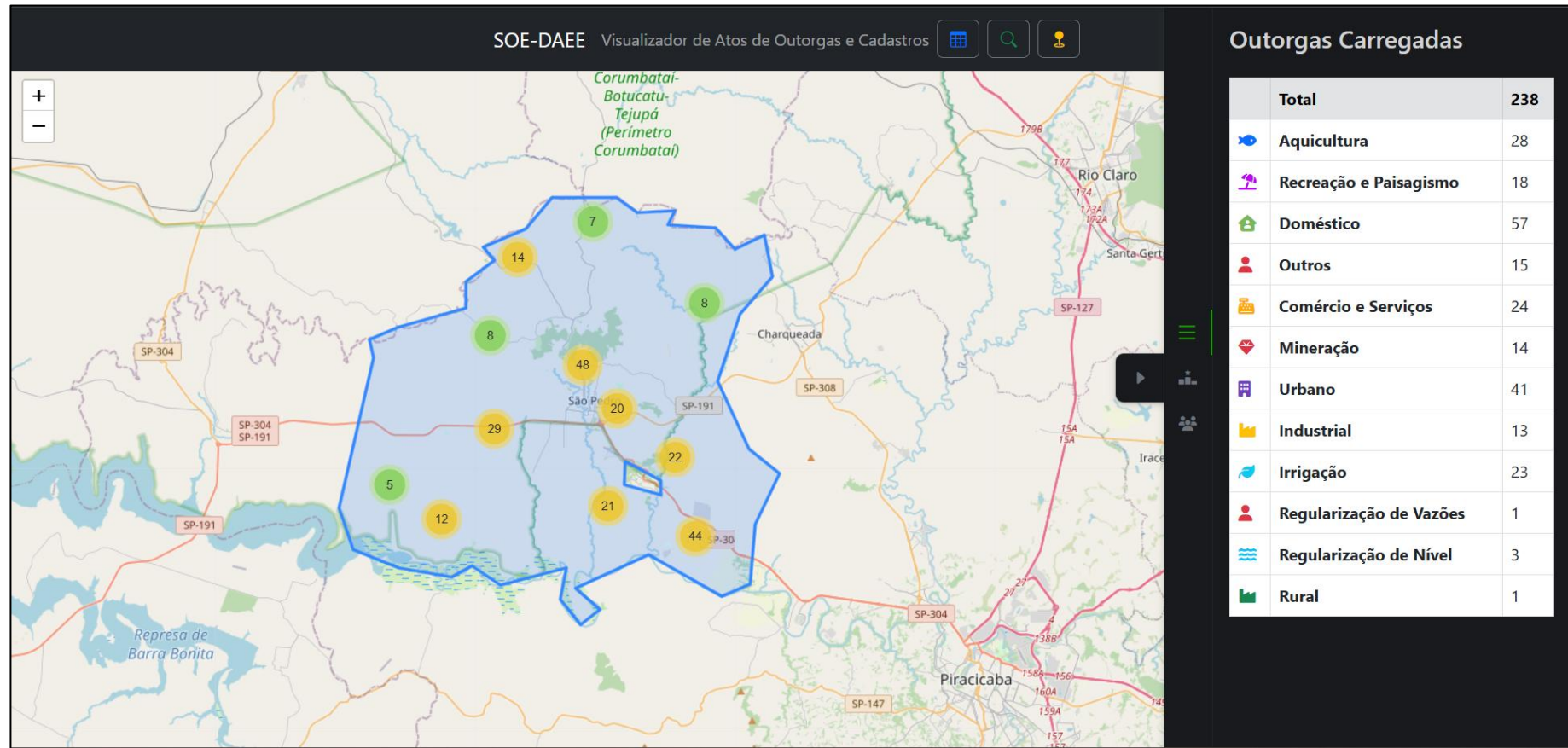


Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos, 2022, ano base 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo com as figuras acima, infere-se que a vazão outorgada classificada como Uso Rural no ano de 2020 correspondia a 5,80 m³/s, apresentando aumento de 9,37% no ano de 2021, totalizando 6,40 m³/s.

Abaixo são demonstradas as outorgas catalogadas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE para o ano de 2024, totalizando 238 outorgas para São Pedro.

Figura 74 - Outorgas catalogadas pelo DAEE (Ano base 2024).



Fonte: DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.1.2.1. Segurança Hídrica

O conceito de segurança hídrica, segundo a Organização das Nações Unidas – ONU/2014, é dado como a capacidade da população possuir 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 e dentre estes, pode-se destacar as ações para ampliar a segurança hídrica brasileira em vista do objetivo seis. O objetivo 6 do Desenvolvimento Sustentável estabelece que é preciso:

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

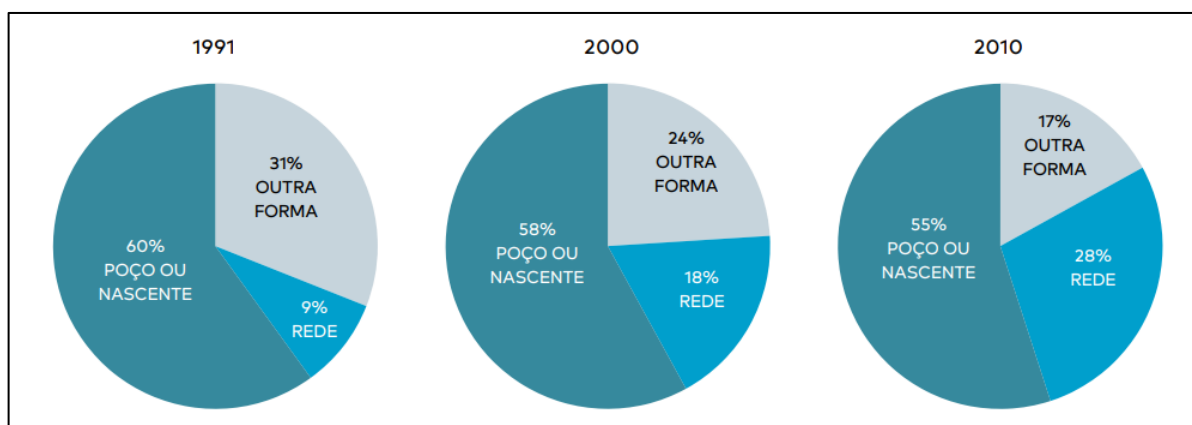
Deve-se ainda considerar a Lei Estadual nº 16.337/2016, a qual dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, responsável por regulamentar o regime de outorga de águas no Estado de São Paulo.

### 3.1.3. Descrição dos Sistemas de Abastecimento de Águas Atuais

O cenário do fornecimento de água nas residências rurais no Brasil tem experimentado mudanças no que diz respeito à disponibilidade de redes de distribuição de água. Houve um aumento constante ao longo das duas últimas décadas, indo de 9% em 1991 para 28% em 2010. A proporção de residências que recebem água de outras fontes de abastecimento, como caminhões-pipa, cisternas para coleta de água da chuva, rios, açudes, lagos e igarapés, registrou a maior diminuição durante esse período.

Em 1991, 31% das residências se encontravam nessa situação, em contraste com 17% em 2010. A menor variação foi observada no fornecimento de água por meio de poços ou nascentes, tanto dentro, como fora das propriedades, caindo de 60% em 1991 para 55% em 2010, ainda prevalecendo como a opção predominante (PNSR, 2019). A Figura 75 demonstra as informações citadas.

Figura 75 - Evolução das formas de abastecimento de água nas propriedades rurais brasileiras.



Fonte: Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Na zona rural de São Pedro, assim como na maior parte dos municípios brasileiros, o abastecimento de água ocorre com a utilização de sistema individuais de captação e armazenamento de água.

A falta de rede de distribuição de água na zona rural, em muitos casos, pode ser explicada por uma série de fatores, embora as razões específicas possam variar de município para município e de estado para estado, sendo estes expostos abaixo:

- **Custo Elevado:** A extensão da rede de água para áreas rurais, frequentemente com baixa densidade populacional e infraestrutura dispersa, pode ser economicamente desafiadora. A construção de redes de distribuição de água envolve custos significativos em termos de mão de obra, material e manutenção;
- **Logística Complexa:** Em áreas rurais, a topografia, os solos e outros fatores geográficos podem tornar a instalação de redes de distribuição de água mais complexa e dispendiosa;
- **Desafios Técnicos:** Nas áreas rurais, as características do solo, a qualidade da água subterrânea e outros desafios técnicos podem dificultar a instalação de redes de distribuição de água.

As principais soluções individuais para o abastecimento de água encontradas no município de São Pedro, divide-se em: poços rasos, poços profundos, nascentes ou minas, captação em represas/riachos e armazenamento de água da chuva. A seguir será descrita as principais características de cada sistema individual citado.

## Poços rasos

Os poços rasos são estruturas utilizadas para a captação de água subterrânea em lençóis freáticos superficiais, geralmente localizados entre 15 e 20 metros de profundidade. Por estarem próximos à superfície, esses lençóis são recarregados principalmente pela infiltração das águas das chuvas, o que os torna mais suscetíveis a flutuações sazonais de disponibilidade hídrica.

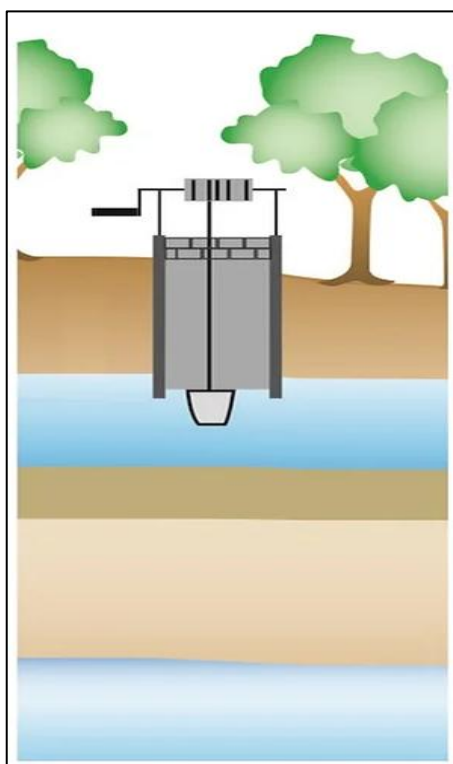
A extração da água pode ser realizada de forma manual, utilizando bombas manuais, ou por meio de bombas elétricas, dependendo das características do poço, como profundidade e demanda por vazão (Santos Valias *et al.*, 2000).

Entretanto, poços rasos apresentam maior vulnerabilidade à contaminação, dada a sua proximidade com a superfície. Essa exposição aumenta o risco de poluição por agentes como produtos químicos provenientes da agricultura, resíduos sólidos e outros contaminantes da cobertura do solo. Por isso, a manutenção regular desses sistemas é imprescindível para garantir tanto a qualidade da água quanto o funcionamento adequado e contínuo do poço.

As atividades de manutenção incluem limpeza periódica, substituição de bombas desgastadas e monitoramento frequente dos níveis de água e qualidade hídrica (Santos Valias *et al.*, 2000). Essas ações são fundamentais para preservar a segurança do abastecimento, especialmente em áreas rurais que dependem dessa fonte para suprir suas necessidades hídricas.

A seguir, a Figura 76 exemplifica a estrutura de um poço raso.

Figura 76 – Exemplo de Poço Raso.



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

## Poço profundo

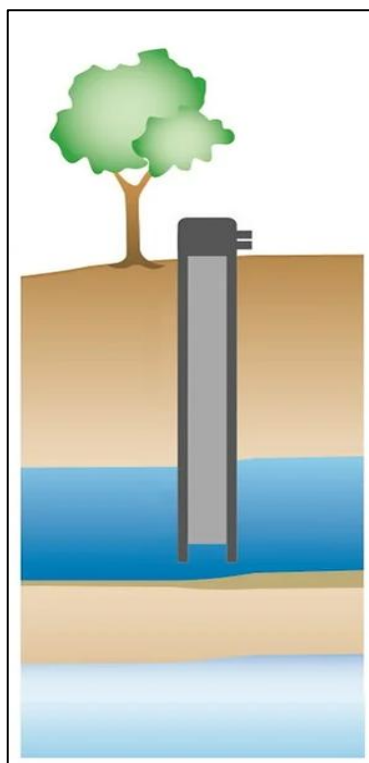
A principal distinção entre poços rasos e poços profundos está relacionada à profundidade de perfuração e à camada de água subterrânea acessada. Enquanto os

poços rasos atingem profundidades de até 20 metros, os poços profundos ultrapassam essa marca, podendo alcançar centenas de metros abaixo da superfície. Essa característica permite a captação de água de aquíferos mais profundos e protegidos (Vasconcelos, 2014).

Os poços profundos são amplamente utilizados em situações que demandam maior volume de água, como no abastecimento de cidades, no suporte a indústrias ou na irrigação de grandes áreas agrícolas. Sua capacidade de fornecer vazões significativas torna-os indispensáveis para atender a demandas de larga escala (Vasconcelos, 2014).

A escolha entre utilizar um poço raso ou profundo depende de fatores como as condições hidrogeológicas locais, as necessidades de consumo, os custos envolvidos e as regulamentações vigentes na região. Ambos os tipos apresentam vantagens e desvantagens, mas, em qualquer caso, é fundamental que o projeto, a construção e a manutenção sejam realizadas adequadamente para assegurar o fornecimento de água potável de forma segura e eficiente (Vasconcelos, 2014). A Figura 77 demonstra a profundidade de coleta do poço profundo.

Figura 77 - Diferença de profundidade de coleta do poço profundo.



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

## Nascentes ou Minas

O abastecimento de água por meio de captação em nascentes ou minas é um processo que envolve a coleta de água diretamente de fontes naturais subterrâneas ou superficiais, onde a água brota de forma natural. Nascentes são pontos onde a água emerge do solo de maneira espontânea, enquanto as minas são cavidades subterrâneas que acumulam água (Calheiros *et al.*, 2004).

Esse método de captação é especialmente vantajoso porque a água costuma ser de alta qualidade, geralmente livre de poluentes, tornando-a uma fonte confiável e sustentável para abastecimento humano, desde que seja adequadamente protegida contra contaminações e regulamentada para garantir a preservação da fonte (Calheiros *et al.*, 2004). Abaixo, a Figura 78 representa um exemplo de captação em nascente.

Vale ressaltar, que durante as visitas técnicas realizadas, houve dificuldade no registro fotográfico das captações de água em nascentes. Isso se deve, em grande parte, à resistência dos moradores em permitir a entrada dos técnicos em suas propriedades e pelo fato de que muitos dos pontos de captação se encontram em áreas de difícil acesso ou distantes das residências, o que exigiu maior tempo de deslocamento e inviabilizou o registro visual dessas estruturas de captação.

Figura 78 - Exemplo de nascente.



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

## Represas ou Riachos

O abastecimento de água em áreas rurais por meio da captação em represas e riachos é uma prática comum para atender às necessidades das comunidades rurais e propriedades isoladas. Geralmente, pequenas represas são construídas para coletar água de riachos locais, criando um reservatório que armazena a água (Ferreira e Ferreira, 2016).

Essa água é então utilizada para abastecer as residências, a agricultura e o gado durante os períodos de estiagem. Em muitos casos, sistemas de canais ou tubulações simples são usados para transportar a água das represas até os locais de uso, garantindo um suprimento contínuo para as atividades rurais e abastecimento humano (Neto, 2011).

A Figura 79 demonstra a forma utilizada para o abastecimento de água com forma de captação superficial.

**Figura 79 - Represas utilizadas para abastecimento de água na zona rural.**



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

## Caminhão Pipa

O abastecimento de água por caminhão pipa é um método de distribuição de água que envolve o transporte de grandes quantidades de água em caminhões-tanque para áreas que não possuem acesso a outras formas de abastecimento de água potável. Isso se torna necessário em situações em que a infraestrutura de fornecimento de água não está disponível ou foi interrompida devido a desastres naturais, secas prolongadas, crises de abastecimento ou em áreas remotas, como comunidades rurais ou propriedades isoladas (Carvalho, 2015).

Os caminhões pipa desempenham um papel vital em fornecer água para o consumo humano, agricultura, indústria e outros usos essenciais. No entanto, é importante ressaltar que o abastecimento por caminhão pipa é geralmente uma solução temporária e esforços a longo prazo devem ser direcionados para o estabelecimento de infraestruturas de abastecimento de água mais sustentáveis e confiáveis nas áreas atendidas (Carvalho, 2015).

A Figura 80 exemplifica um modelo clássico deste tipo de abastecimento.

Figura 80 - Exemplo de caminhão pipa.



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

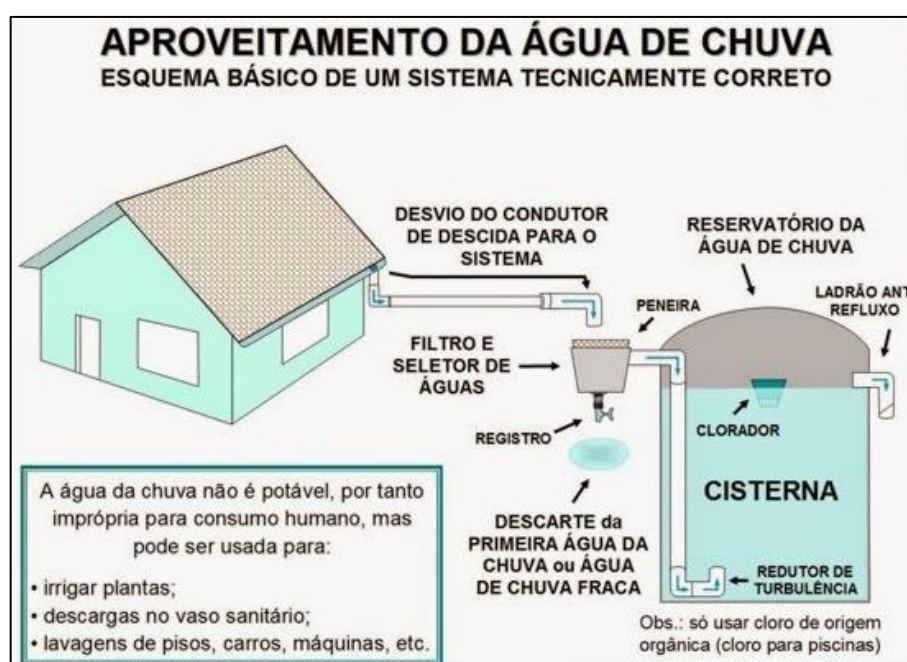
## Reservatório de Água da Chuva

Os reservatórios de águas pluviais são estruturas vitais na gestão hídrica das áreas rurais, proporcionando uma série de benefícios essenciais. Além de abastecerem as comunidades rurais com água potável para uso doméstico e agrícola, esses reservatórios desempenham um papel fundamental na mitigação de inundações e na redução da erosão do solo, ao capturar e armazenar a água da chuva (Martins e Nogueira, 2015).

Essa prática não apenas garante uma fonte estável de água para irrigação agrícola, mas também contribui para a conservação da biodiversidade e a recarga de aquíferos, promovendo assim a sustentabilidade dos recursos hídricos e o desenvolvimento rural sustentável. Em resumo, os reservatórios de águas pluviais são componentes essenciais da infraestrutura hídrica rural, desempenhando um papel essencial na garantia de segurança hídrica e resiliência às mudanças climáticas nessas áreas (Oliveira, 2014).

O projeto e infraestrutura necessária para estes reservatórios variam de acordo com as especificações da propriedade, apresentando diferentes configurações considerando as peculiaridades presentes (Oliveira, 2014). A Figura 81 é um exemplo de projeto para captação e armazenamento de águas pluviais.

Figura 81 - Exemplo de aproveitamento de água das chuvas.



Fonte: Fürst, 2014. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Em São Pedro, não existem especificações definidas para a armazenagem de águas pluviais e a prática de captação da água da chuva não é amplamente adotada por todas as propriedades.

### 3.1.4. Panorama da Situação Atual dos Sistemas Existentes

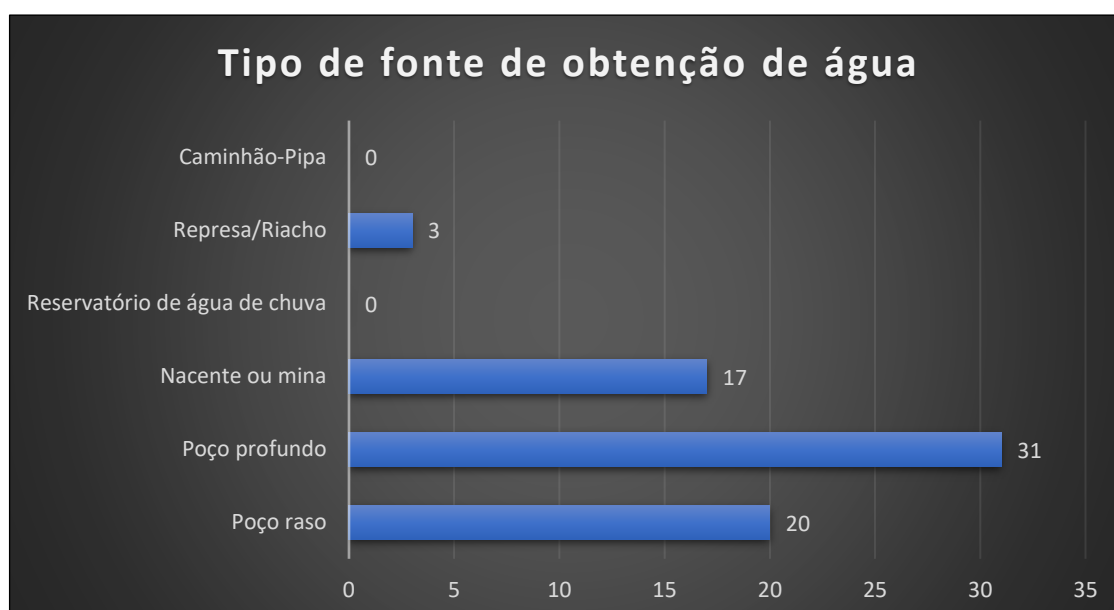
Os tópicos a seguir irão demonstrar a situação atual dos sistemas individuais existentes na zona rural do município de São Pedro, baseando-se nos resultados obtidos através dos questionários presenciais aplicados durante as visitas técnicas às propriedades rurais. Esses dados fornecem uma visão detalhada das fontes de abastecimento utilizadas pelos moradores locais.

#### 3.1.4.1. Abastecimento de Água

Conforme descrito em tópicos anteriores, as principais formas de obtenção de água na zona rural de São Pedro são os poços rasos, poços profundos, nascentes ou minas e captação superficial em represas ou riachos.

O Gráfico 7 ilustra essas modalidades, apresentando a distribuição e a quantificação obtidas por meio do levantamento de campo realizado durante a aplicação dos questionários.

Gráfico 7 - Formas de obtenção de água na zona rural de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

As principais formas de captação de água na zona rural de São Pedro são os poços rasos e profundos, adotados por 51 propriedades, seguidos pela captação em nascentes ou minas, registrada em 17 propriedades. Além disso, 3 propriedades utilizam a água captada de represas ou riachos.

A Tabela 11 apresenta as vantagens e desvantagens para cada fonte de obtenção de água existente na área rural do município.

Tabela 11 – Vantagens e desvantagens para as fontes de obtenção de água

Fonte de obtenção de água	Vantagens	Desvantagens	Observação
Represas ou Riachos	Fácil acesso à água, custo inicial geralmente menor, fornecimento contínuo de água e versatilidade de uso.	Vulnerabilidade à contaminação por poluentes e esgotos, alta dependência de chuvas.	A captação em represas ou riachos é prática de baixo custo inicial, mas está sujeita a variabilidade climática e riscos de contaminação, exigindo gestão cuidadosa para garantir a qualidade e a disponibilidade da água.
Nascente ou mina	Água de alta qualidade, custo baixo na captação e fornecimento contínuo de água.	Limitação às grandes demandas, vulnerabilidade à contaminação e risco de secagem.	A obtenção de água por nascente ou mina pode ser uma alternativa sustentável e econômica para o abastecimento de água em áreas rurais. No entanto, é importante tomar as medidas necessárias para garantir a qualidade e a segurança da água.
Poço Profundo	Melhor qualidade da água, maior vazão, maior disponibilidade e vida útil mais longa.	Custo elevado, mais complexidade na construção / manutenção e necessidade de equipamentos específicos.	Se a disponibilidade de água subterrânea for adequada e a qualidade da água for satisfatória, a obtenção de água por poço profundo pode ser uma opção viável para o abastecimento de água em áreas rurais. No entanto, é importante considerar o custo de perfuração e manutenção do poço, bem como as necessidades de consumo de água.

Poço Raso	Custo baixo de perfuração e manutenção, simplicidade na construção / operação e adequado para uso doméstico em baixas demandas.	Vulnerável à contaminação superficial, baixa vazão e vida útil limitada.	Se a disponibilidade de água subterrânea em profundidade rasa for adequada e a qualidade da água for satisfatória, a obtenção de água por poço raso pode ser uma opção viável para o abastecimento. No entanto, é importante considerar o custo de perfuração e manutenção do poço, bem como as necessidades de consumo e qualidade de água.
-----------	---	--	--

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

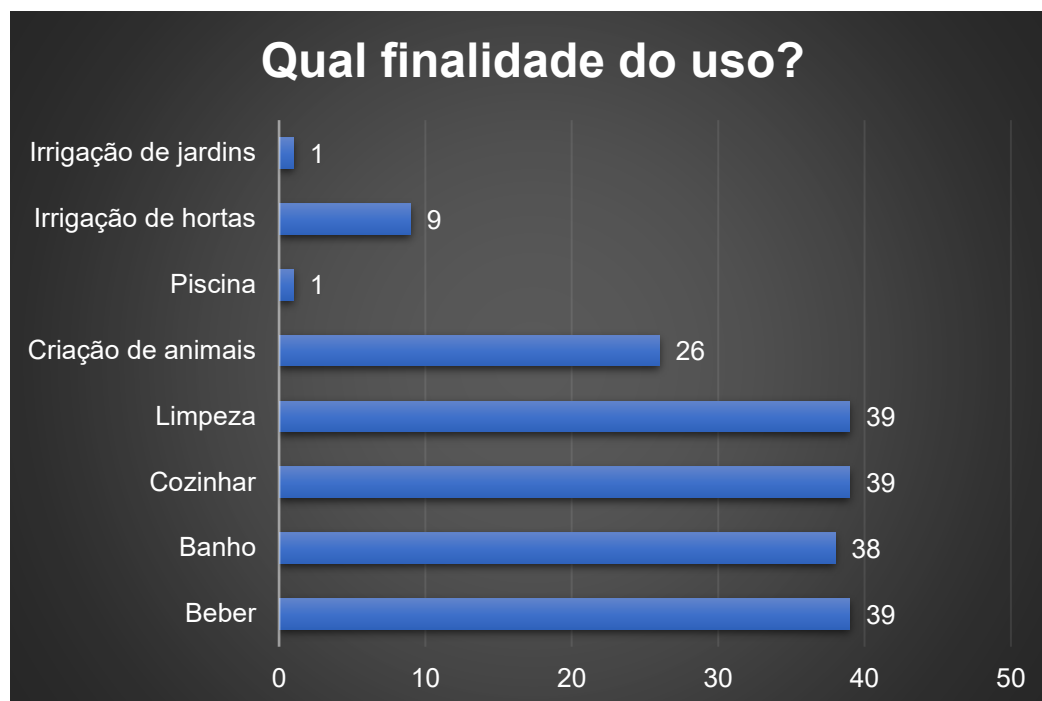
Embora seja possível listar as vantagens e desvantagens de cada método de captação de água, é fundamental considerar a realidade específica do ambiente onde será implantado, bem como os usos previstos para o recurso hídrico.

Fatores como características geológicas, disponibilidade hídrica local, vulnerabilidade à contaminação, demanda da população e exigências de qualidade para o uso final são determinantes na escolha do método mais adequado. Por exemplo, em áreas com aquíferos profundos e de difícil recarga, métodos de captação superficial podem ser mais viáveis, enquanto em regiões com alta dependência de nascentes, a proteção dessas fontes deve ser prioridade.

A avaliação integrada desses aspectos não apenas assegura a sustentabilidade da captação, como também maximiza a eficiência no uso da água, reduzindo desperdícios e garantindo a disponibilidade do recurso no longo prazo. Além disso, um planejamento criterioso minimiza os impactos ambientais, como a redução do fluxo em corpos d'água superficiais, e os socioeconômicos, como custos elevados de manutenção ou prejuízos à agricultura e à população local.

O Gráfico 8 apresenta a finalidade do uso da água na área rural do município, destacando as principais atividades beneficiadas.

Gráfico 8 – Finalidade do uso de água da zona rural.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Conforme observado, o uso doméstico da água é o mais frequente na zona rural de São Pedro, sendo utilizado para limpeza, preparo de alimentos, banho e consumo humano. Em seguida, tem-se o grande uso de água para a criação de animais e para o desenvolvimento de hortas e jardins.

#### 3.1.4.1.1. Poços rasos ou profundos

A área rural de São Pedro conta com muitos poços, tanto rasos quanto profundos, que são utilizados majoritariamente para o abastecimento de água da população.

É essencial garantir que esses poços estejam devidamente protegidos e sigam os parâmetros técnicos necessários para evitar contaminações, principalmente em relação aos poços rasos, que são mais vulneráveis a poluição superficial. A análise da atual situação desses poços foi baseada nas informações coletadas durante os questionários aplicados em campo.

O Gráfico 9 apresenta dados sobre a conformidade dos poços em relação à distância segura, que deve ser de pelo menos 15 metros de possíveis fontes de

contaminação, como fossas rudimentares, local de criação de animais ou de aplicação de defensivos agrícolas.

Gráfico 9 – Poço está afastado a pelo menos 15m de possíveis fontes de contaminação.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Conforme o gráfico, a maioria dos poços se encontram a uma distância mínima de 15 metros de possíveis fontes de contaminação. No entanto, apenas 1 poço está localizado em áreas que não atendem a esse critério de afastamento, o que aumenta o risco de contaminação.

No Gráfico 10, é analisada a questão da localização dos poços em relação às fossas, especialmente se o poço está situado em um nível superior ao da fossa. Essa configuração é importante para evitar a contaminação da água, uma vez que, se o poço estiver abaixo da fossa ou em um nível semelhante, pode haver risco de infiltração de substâncias químicas ou patógenos, comprometendo a qualidade da água e colocando em risco a saúde pública das famílias que dependem dessa fonte.

Gráfico 10 – O Poço está localizado em um nível superior ao da fossa?

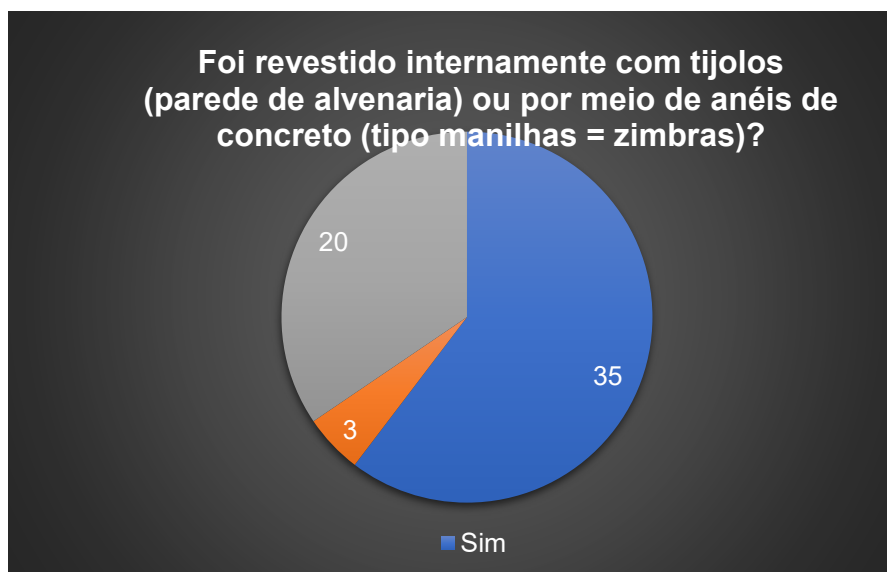


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Verifica-se que a maioria dos poços se encontra em um nível superior ao da fossa, entretanto, ainda assim, 13 dos 40 poços, estão posicionados abaixo do nível da fossa. A relevância de manter o poço em uma elevação superior à fossa reside na prevenção da contaminação da água.

O Gráfico 11 apresenta informações sobre o revestimento interno dos poços, indicando se são protegidos por tijolos ou anilhas de concreto, ou se não possuem esse tipo de revestimento. Essa diferenciação é importante, pois, o revestimento adequado protege os poços contra infiltrações de materiais indesejados e assegura a qualidade da água consumida pela população.

Gráfico 11 – Poço revestido internamento com tijolos ou por meio de anéis de concreto.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Observa-se que apenas 3 das 38 propriedades que possuem poços encontram-se com o revestimento inadequado.

A recomendação para prevenir futuras contaminações é revestir e impermeabilizar os primeiros 3 metros a partir da superfície do terreno.

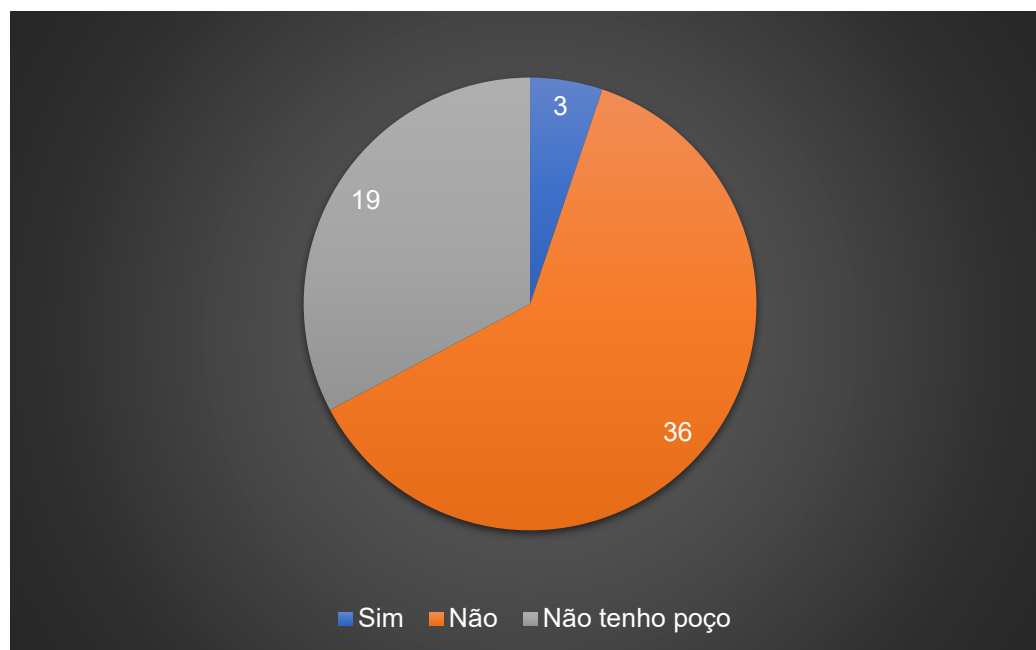
O material usualmente empregado para esse fim inclui alvenaria de tijolos ou concreto, sendo que anéis de concreto podem facilitar o processo construtivo. O revestimento deve estender-se para o exterior em uma faixa de 50 a 80 cm, onde é necessário ser resguardado por uma tampa, que pode ser confeccionada em concreto, madeira, fibra de vidro ou outro tipo de material.

Essa configuração permite a abertura da tampa, viabilizando a inspeção quando necessária (Vasconcelos, 2014).

Além disso, é fundamental a construção de uma calçada de 1 metro ao redor da tampa do poço, com o objetivo de proteger contra a entrada de enxurrada ou infiltração pelas paredes.

O Gráfico 12 apresenta os dados sobre o alagamento nas áreas ao redor dos poços. Essa informação é necessária, pois a presença de alagamento pode comprometer a segurança e a qualidade da água armazenada, favorecendo a contaminação.

Gráfico 12 – Ao redor do poço sofre alagamento quando chove.

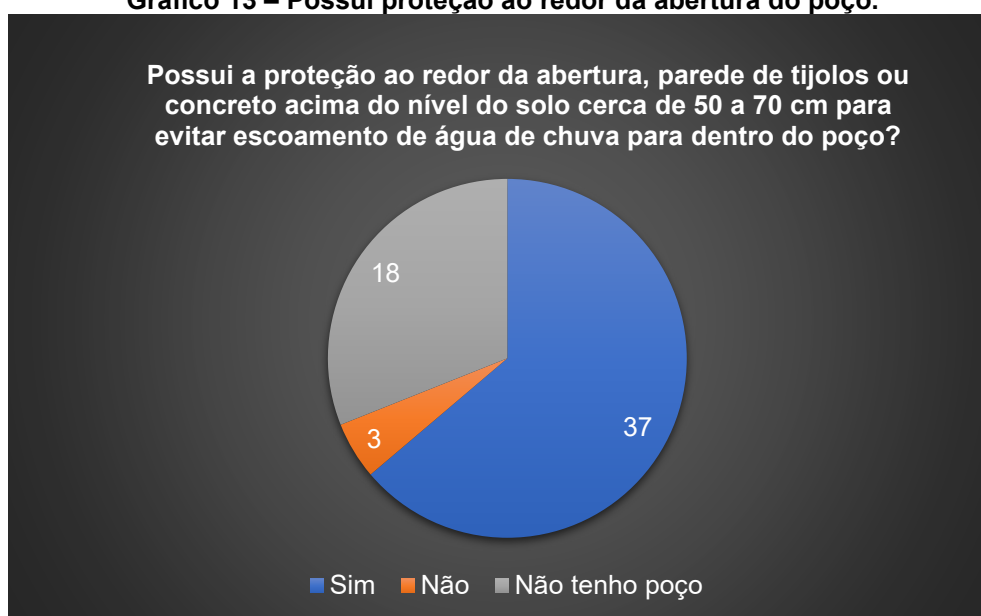


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Em relação aos alagamentos ao redor dos poços durante períodos de chuva, apenas 3 propriedades relataram esse problema.

O Gráfico 13, por sua vez, fornece dados sobre a presença de proteção ao redor da abertura dos poços. A instalação de proteção adequada é fundamental para prevenir a entrada de detritos, resíduos ou animais no interior dos poços, o que pode comprometer a qualidade da água. Esse dado é essencial para avaliar a segurança das fontes de água e identificar áreas que podem precisar de melhorias na infraestrutura de proteção.

**Gráfico 13 – Possui proteção ao redor da abertura do poço.**



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Conforme os dados, cerca de 37 propriedades possuem proteção ao redor da abertura, evitando assim, o escoamento da chuva para o interior dos poços.

Na Figura 82 é mostrado um poço com proteção ao redor da abertura, impedindo o escoamento de águas pluviais.

Figura 82 - Poço com altura na abertura visando impedir entrada de águas pluviais.

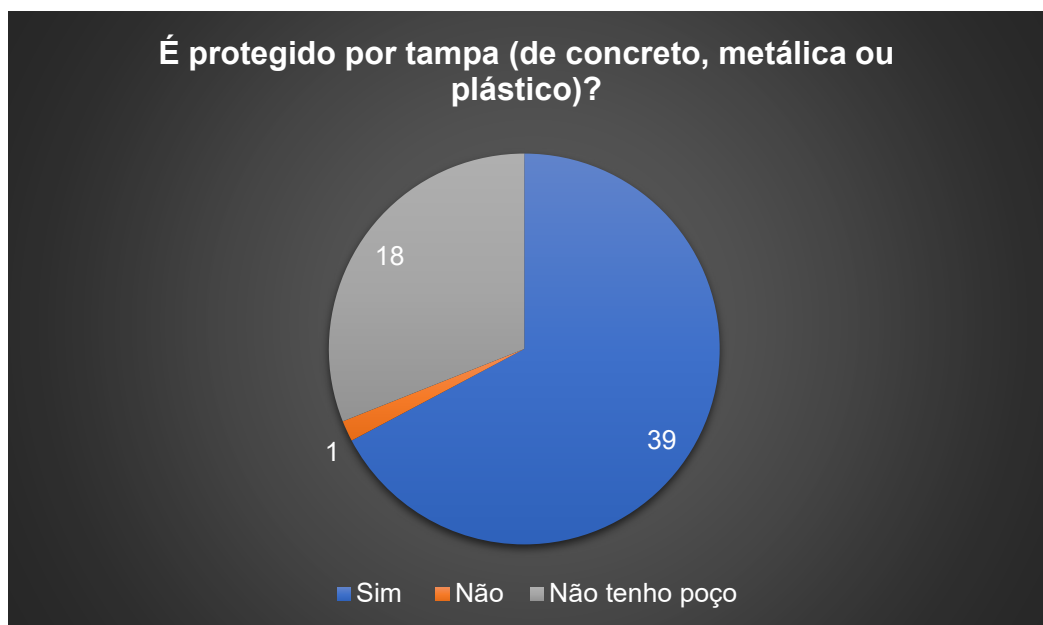


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Os gráficos a seguir, demonstram as condições das tampas dos poços nas propriedades rurais visitadas. A tampa de um poço de captação de água subterrânea é essencial para manter a qualidade da água, pois, impede a entrada de chuva, animais, detritos e outros contaminantes. Para garantir sua eficácia, a tampa deve estar completamente íntegra e vedada, sem rachaduras ou aberturas que possam permitir a infiltração de poluentes. Além disso, ela deve estar em boas condições, sem ferrugem, corrosão ou outros danos estruturais.

No Gráfico 14 , observa-se que apenas 1 das 40 propriedades que afirmaram possuir poços de captação de água, não conta com essa proteção, o que destaca a importância de manter os poços adequadamente vedados para assegurar a qualidade da água consumida.

Gráfico 14 – Poço é protegido por tampa.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Gráfico 15 apresenta informações sobre a integridade e vedação das tampas de proteção dos poços. Entre as propriedades que possuem tampas de proteção, apenas 2 relataram que as tampas não estão completamente vedadas.

A vedação inadequada das tampas pode permitir a entrada de contaminantes, como resíduos e microrganismos, comprometendo a potabilidade da água e colocando em risco a saúde das famílias que dependem dessa fonte hídrica.

Gráfico 15 – A tampa está íntegra e veda totalmente o poço.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Gráfico 16 expressa as condições das tampas de proteção dos poços de captação de água nas propriedades rurais, um elemento essencial para garantir tanto a qualidade da água quanto a segurança das pessoas. Tampas inadequadas ou ausentes podem permitir a entrada de contaminantes, sujeira, animais e outros poluentes, comprometendo a potabilidade da água e, conseqüentemente, colocando em risco a saúde dos usuários.

Conforme os resultados obtidos nos questionários aplicados, 2 das 40 propriedades rurais que possuem poços apresentaram tampas de proteção em condições inadequadas. Embora esse número represente uma pequena parcela, ele evidencia a necessidade de ações preventivas e corretivas para evitar riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

A adequação das tampas de proteção nos poços é essencial não apenas para impedir a contaminação, mas também para preservar a integridade estrutural das fontes e evitar acidentes. Medidas como inspeções regulares, campanhas de conscientização e orientações técnicas podem contribuir significativamente para que todos os poços estejam devidamente protegidos contra potenciais riscos.

Esses dados ressaltam a importância de políticas públicas e investimentos voltados à infraestrutura hídrica rural, assegurando que as propriedades tenham acesso a água de qualidade de forma sustentável e segura. Além disso, reforçam o papel fundamental da educação ambiental e da assistência técnica no fortalecimento da gestão hídrica em áreas rurais.

Gráfico 16 – A tampa está em boas condições.



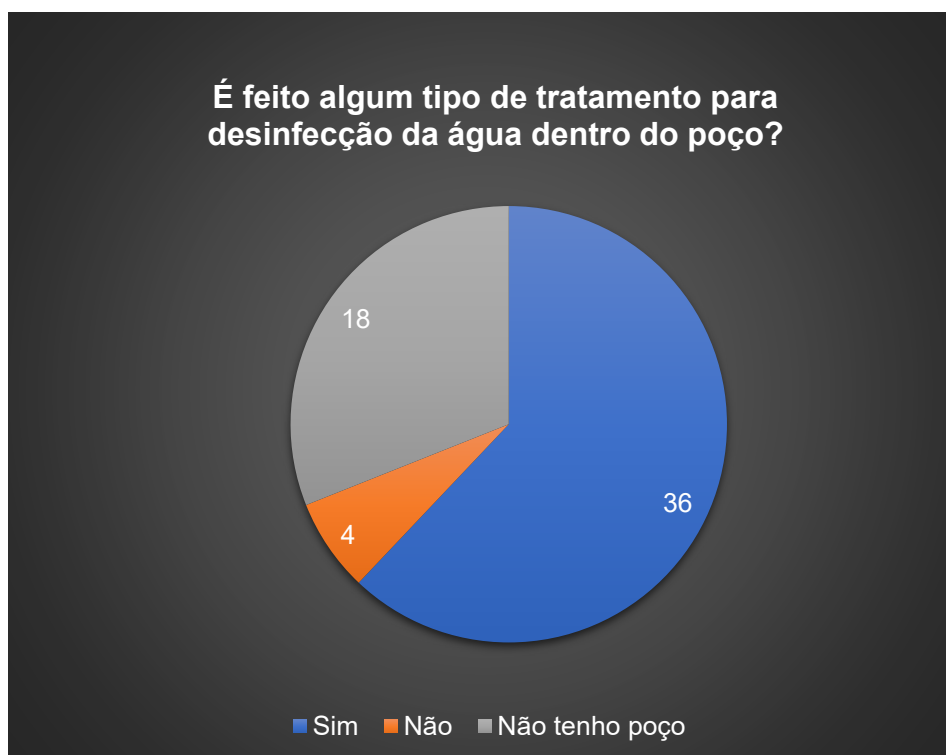
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Gráfico 17 revela que a maioria das residências não realiza o tratamento da água para desinfecção diretamente no poço, utilizando métodos como cal hidratado ou cloro. De acordo com os questionários aplicados, 4 propriedades relataram que não realizam nenhum tipo de tratamento, enquanto 36 propriedades afirmaram adotar práticas de desinfecção da água.

A desinfecção é uma medida essencial para eliminar microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus e protozoários, que podem representar sérios riscos à saúde humana. Métodos como a aplicação de cloro ou cal hidratado se mostram altamente eficazes na eliminação desses contaminantes, garantindo que a água seja segura para o consumo humano e contribuindo para a prevenção de doenças de veiculação hídrica, como diarreias e infecções gastrointestinais.

A ausência de tratamento em algumas propriedades destaca a necessidade de conscientização e de acesso a recursos técnicos e financeiros para a implementação de práticas de desinfecção. Promover a educação ambiental e oferecer suporte técnico às famílias rurais são estratégias fundamentais para ampliar a adesão a essas práticas, garantindo o acesso universal a água de qualidade e protegendo a saúde das comunidades rurais.

Gráfico 17 – É feito algum tratamento para desinfecção da água dentro do poço.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.1.4.1.2. Nascente ou mina

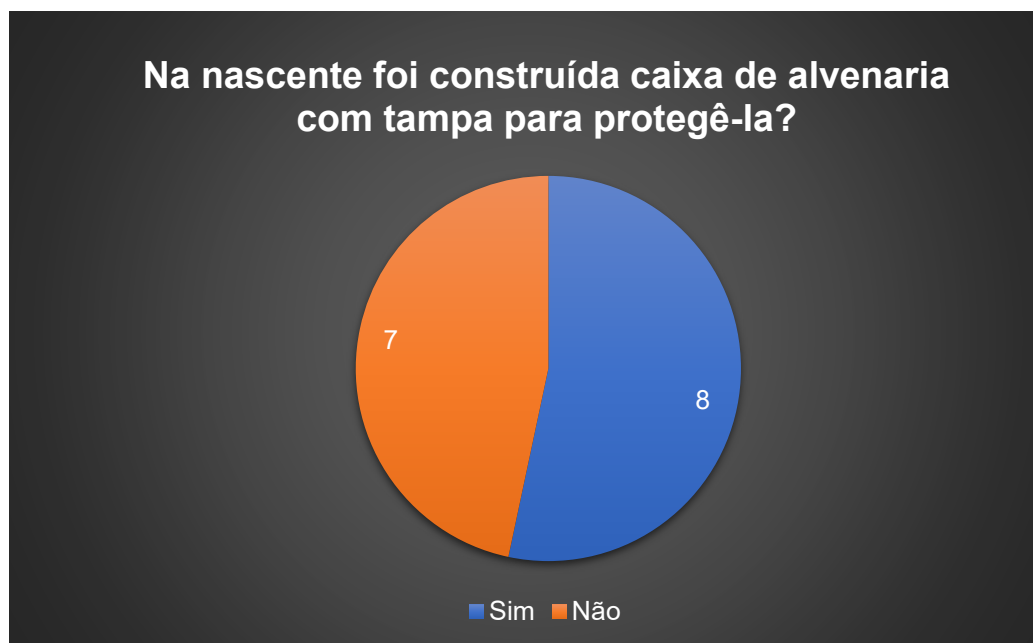
As nascentes e minas representam fontes de água de grande importância para algumas propriedades rurais em São Pedro, ainda que sua utilização seja menos frequente em comparação aos poços. A água proveniente dessas fontes costuma apresentar qualidade superior, devido à filtragem natural realizada pelo solo e pelas formações geológicas. No entanto, essa vantagem pode ser comprometida pela maior exposição a fatores externos, o que a torna mais vulnerável à contaminação.

Essa filtragem natural, embora eficiente, é influenciada por diversos fatores, como o tipo de terreno, a proximidade com áreas urbanas, as práticas agrícolas adotadas e a presença de fauna nas áreas de captação. Contaminações podem ocorrer devido a agentes como fezes de animais, resíduos químicos provenientes de pesticidas ou fertilizantes, e até mesmo por intervenções humanas inadequadas. Esses fatores podem comprometer a qualidade da água, tornando-a inadequada para o consumo humano e para outros usos.

Diante desse cenário, a gestão adequada das nascentes e minas é indispensável para preservar sua qualidade e assegurar sua disponibilidade. Práticas como a proteção das áreas de entorno, a manutenção de vegetação ciliar e o controle de atividades potencialmente poluidoras são fundamentais para mitigar riscos de contaminação.

Nos parágrafos seguintes, serão apresentados os resultados das condições atuais das propriedades que utilizam essas fontes de água. Esses dados fornecem uma visão detalhada sobre as práticas de captação, as estratégias de manutenção adotadas e os potenciais riscos associados, contribuindo para a formulação de estratégias mais eficazes de proteção e manejo dessas importantes fontes hídricas.

Gráfico 18 – Foi construída na nascente caixa com alvenaria com tampa.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo com o Gráfico 18, 8 das 15 propriedades que utilizam nascentes como fonte de abastecimento relataram ter construído uma caixa de alvenaria com tampa para a captação de água. As demais 7 propriedades não adotaram essa medida, o que representa um potencial risco à qualidade da água devido à falta de proteção adequada contra contaminantes.

A construção de caixas de alvenaria com tampas é uma prática simples, mas altamente eficaz, para proteger a água de contaminações. Essas estruturas evitam a entrada de detritos, animais, folhas e outros poluentes, além de proporcionar maior controle sobre a quantidade e a qualidade da água captada, tornando-se um investimento estratégico para a saúde e o bem-estar das comunidades rurais.

Em relação à preservação da vegetação no entorno das nascentes, os dados apresentados no Gráfico 19 indicam que 14 das 15 propriedades mantêm a vegetação preservada, enquanto apenas 1 propriedade relatou que a vegetação se encontra em más condições. A conservação da cobertura vegetal ao redor das nascentes é essencial, pois ela atua como uma barreira natural contra o assoreamento, contribui para a filtragem de poluentes e protege a qualidade da água. Além disso, essa vegetação é fundamental para a manutenção da biodiversidade local, criando habitats e promovendo a estabilidade ecológica da área.

Gráfico 19 – A vegetação próxima da nascente está preservada.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

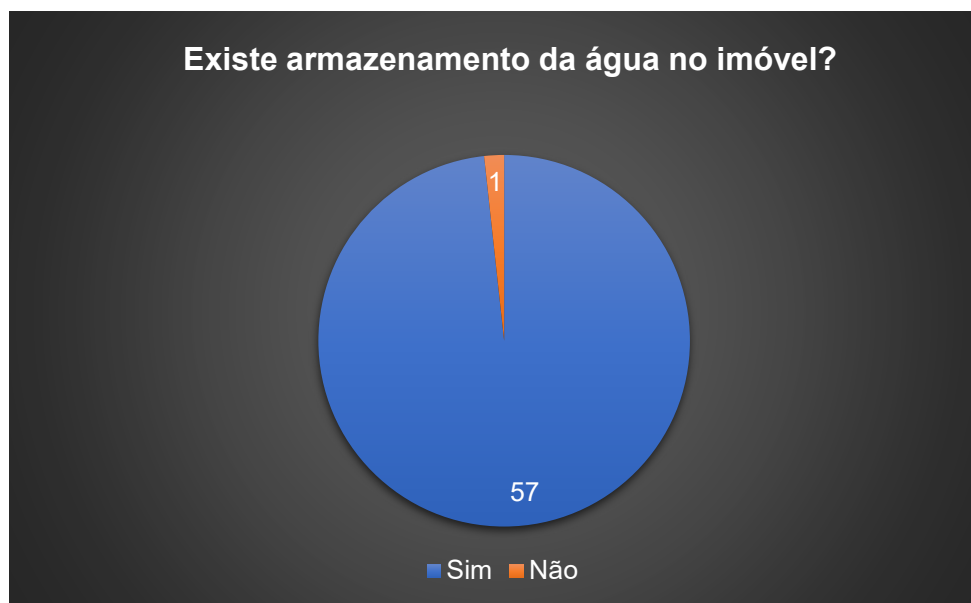
Os dados indicam que, embora a maioria das propriedades adote boas práticas de manejo, como a preservação da vegetação ao redor das nascentes, ainda há deficiências na proteção das fontes de água, como a falta de caixas de alvenaria com tampa.

#### 3.1.4.1.3. Armazenamento

O armazenamento de água para sistemas individuais de captação é uma prática essencial para garantir o fornecimento contínuo de água, especialmente em períodos de escassez. Ele envolve a coleta e reserva de água para diversos usos, como consumo humano, abastecimento de animais ou irrigação. Além de assegurar a disponibilidade de água, o armazenamento adequado também contribui para a gestão eficiente dos recursos hídricos em áreas rurais.

O Gráfico 20 apresenta dados sobre a presença de sistemas de armazenamento de água nas propriedades rurais onde foram aplicados os questionários, oferecendo uma visão clara sobre a prática de armazenamento no município.

Gráfico 20 – Existe armazenamento de água na propriedade.

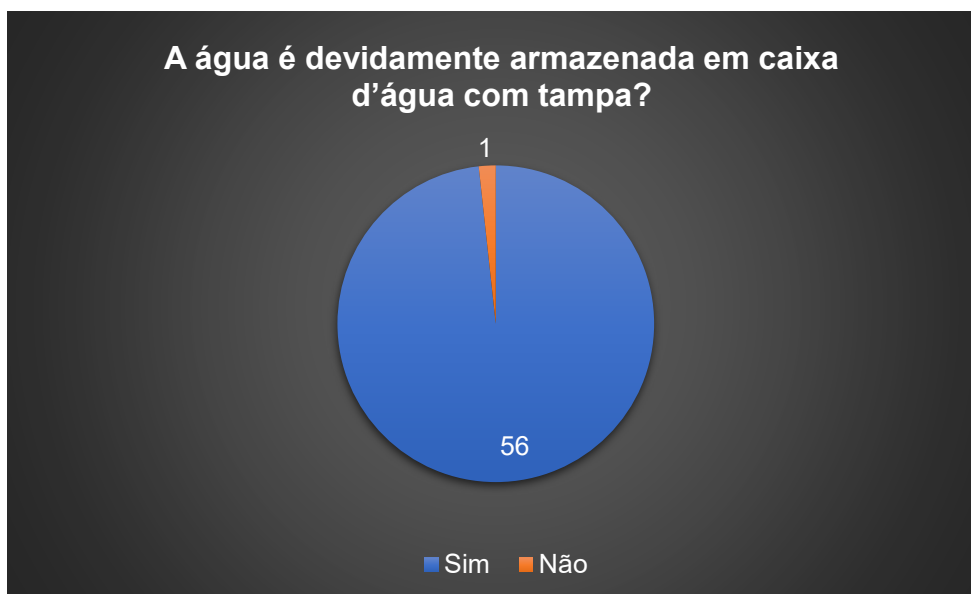


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Das 58 respostas obtidas, apenas uma indicou a ausência de um sistema de armazenamento de água no imóvel. O Gráfico 21 questiona, entretanto, se o armazenamento de água é realizado de maneira adequada, isto é, se as propriedades possuem caixas d'água com tampa.

Embora as caixas d'água desempenhem um papel fundamental na reserva de água, elas também podem se tornar pontos de risco para a contaminação. A falta de proteção adequada ou a ausência de manutenção regular, como limpezas periódicas, pode comprometer a qualidade da água, expondo os moradores a doenças transmitidas por microrganismos patogênicos. Portanto, é essencial garantir que as caixas d'água sejam instaladas corretamente, com tampas bem vedadas, e que a manutenção preventiva seja realizada regularmente para assegurar a potabilidade da água armazenada

Gráfico 21 – A água é armazenada em caixa d'água com tampa.

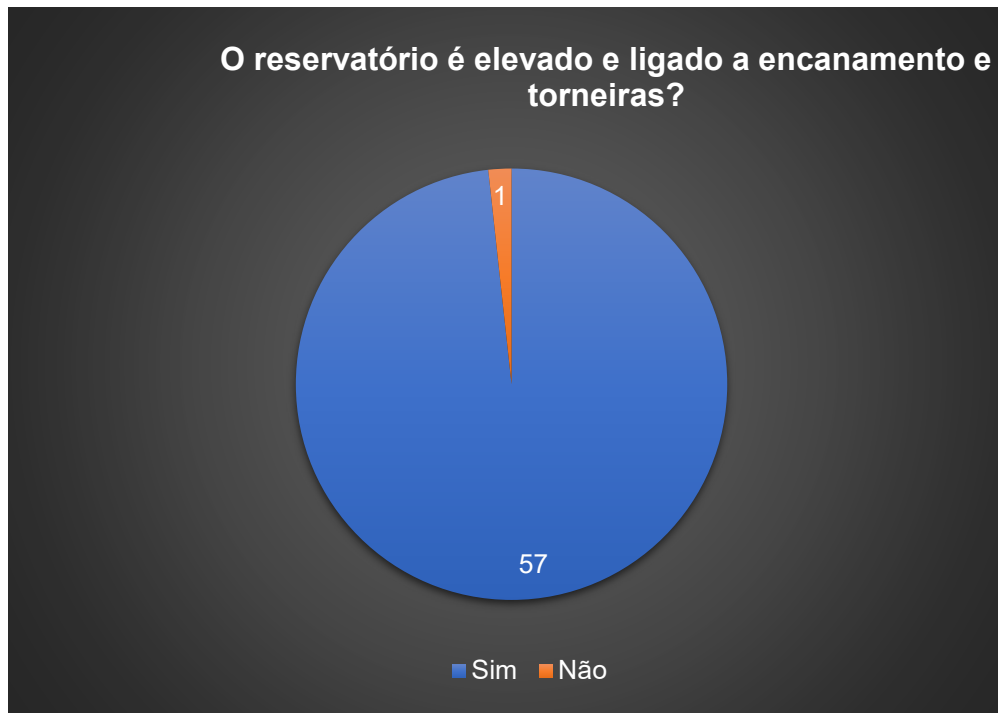


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Os resultados mostram que, de 57 imóveis que informaram ter algum sistema de armazenamento de água, 56 utilizam caixas d'água com tampa, o que reflete uma prática amplamente adotada e eficiente para garantir a preservação da qualidade da água.

O Gráfico 22 ilustra se os reservatórios das propriedades são elevados e conectados a encanamentos e torneiras, facilitando a distribuição da água de forma prática e eficiente. Além de simplificar o processo de distribuição, o sistema de reservatório elevado oferece vantagens adicionais no que diz respeito à proteção da qualidade da água. A elevação do reservatório ajuda a prevenir a entrada de contaminantes, como insetos, animais e sujeira, mantendo a água mais limpa e segura para o consumo.

Gráfico 22 – Reservatório é elevado e ligado a encanamento e torneiras.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Figura 83 apresenta tal dispositivo em conformidade.

Figura 83 – Reservatório elevado ligado a encanamentos na área rural de São Pedro.

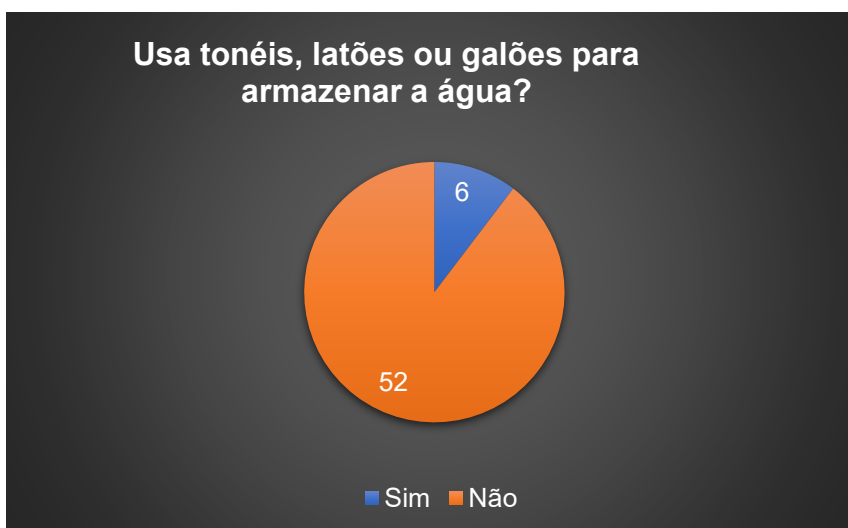


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo com os dados apresentados no Gráfico 23, 52 das 58 propriedades não utilizam tonéis, latões ou galões para o armazenamento de água, evidenciando que a maioria adota formas mais seguras de armazenamento. Apenas 6 propriedades fazem uso desses recipientes.

No entanto, os tonéis, latões e galões, quando mal manuseados ou mal mantidos, podem se tornar fontes significativas de contaminação, comprometendo a qualidade da água armazenada. Isso coloca em risco a saúde dos moradores, pois a água pode ser contaminada por resíduos, insetos ou outros contaminantes externos. Assim, é fundamental que as propriedades que utilizam esses recipientes adotem práticas rigorosas de limpeza e manutenção periódicas para garantir que a água armazenada permaneça segura para o consumo.

Gráfico 23 – Usa tonéis, latões ou galões para armazenar a água.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

No Gráfico 24, observa-se que 6 propriedades não utilizam recipientes como jarras, canecas ou baldes para a captação de água de reservatórios baixos. No entanto, 4 propriedades da amostra fazem uso desses dispositivos.

É fundamental que esses recipientes sejam mantidos sempre limpos, pois, sem a devida higienização, podem se tornar fontes de contaminação, comprometendo a qualidade da água destinada ao consumo. A limpeza regular desses utensílios é essencial para prevenir a entrada de sujeira, bactérias e outros agentes patogênicos, assegurando a segurança hídrica e a saúde dos moradores.

Gráfico 24 - Usam recipientes para a recolha de água dos reservatórios baixos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Portanto, a higienização regular e a verificação das condições desses equipamentos são essenciais para evitar a contaminação da água, assegurando sua potabilidade e a saúde dos moradores.

### 3.1.4.2. Tratamento e Qualidade da Água

O tratamento da água é um processo essencial para remover contaminantes e garantir a segurança da água para consumo humano. A qualidade da água também é importante para a saúde da população, pois, a água contaminada pode causar uma série de doenças, como diarreia, cólera, entre outras (Cordeiro, 2008).

Na área rural, as fontes de água potável são mais variadas do que nas áreas urbanas, incluindo poços, nascentes, rios e córregos. No entanto, essas fontes podem estar sujeitas a uma série de contaminantes, como esgotos, agrotóxicos, resíduos sólidos e outros poluentes (Cordeiro, 2008).

O tratamento da água pode ser realizado de diversas formas, incluindo filtração, cloração, fluoretação e outros processos. A escolha do método de tratamento mais adequado depende da água bruta e dos objetivos de tratamento (Cordeiro, 2008).

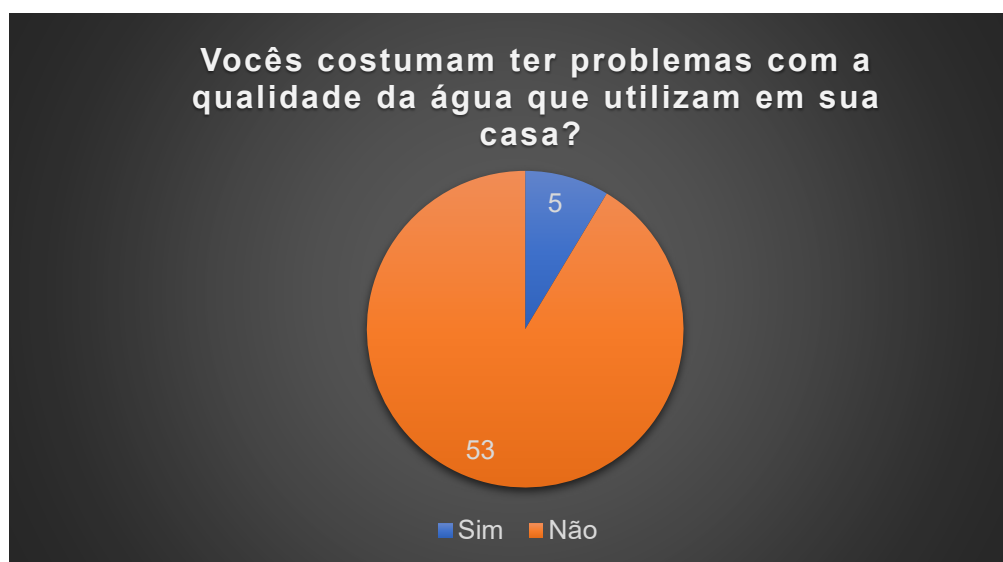
No Brasil, a lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, determina que as áreas rurais devem ter acesso à água potável tratada.

Para garantir o tratamento e a qualidade da água na área rural, é importante que sejam realizados os seguintes investimentos:

- Educação sanitária: A população deve ser conscientizada sobre a importância da água tratada e sobre os riscos da água contaminada;
- Monitoramento da qualidade da água: É importante monitorar regularmente a qualidade da água para garantir que ela esteja dentro dos padrões exigidos.

A seguir, será apresentado o panorama da atual situação do tratamento e qualidade da água dos sistemas existentes em propriedades rurais do município de São Pedro.

Gráfico 25 – Costuma ter problemas com a qualidade da água que utilizam.

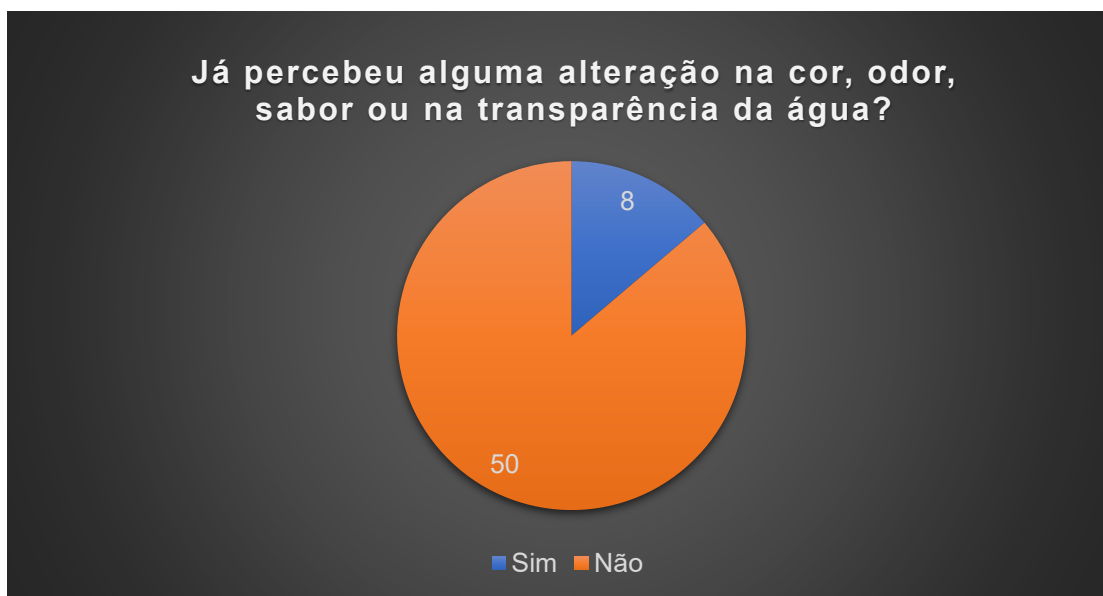


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo com os dados apresentados no Gráfico 25, 53 das 58 propriedades não relataram problemas com a qualidade da água utilizada. No entanto, conforme o Gráfico 26, cerca de 50 residências não notaram alterações na água, enquanto 8 propriedades observaram mudanças significativas. Essas variações podem ser um

indicativo de contaminação ou alterações na composição da água, possivelmente em função de fatores como excesso de chuvas. É fundamental investigar a origem dessas alterações para assegurar a qualidade da água e garantir que as famílias consumam um recurso seguro e potável

Gráfico 26 – Percebeu alteração na cor, odor, sabor ou na transparência da água.

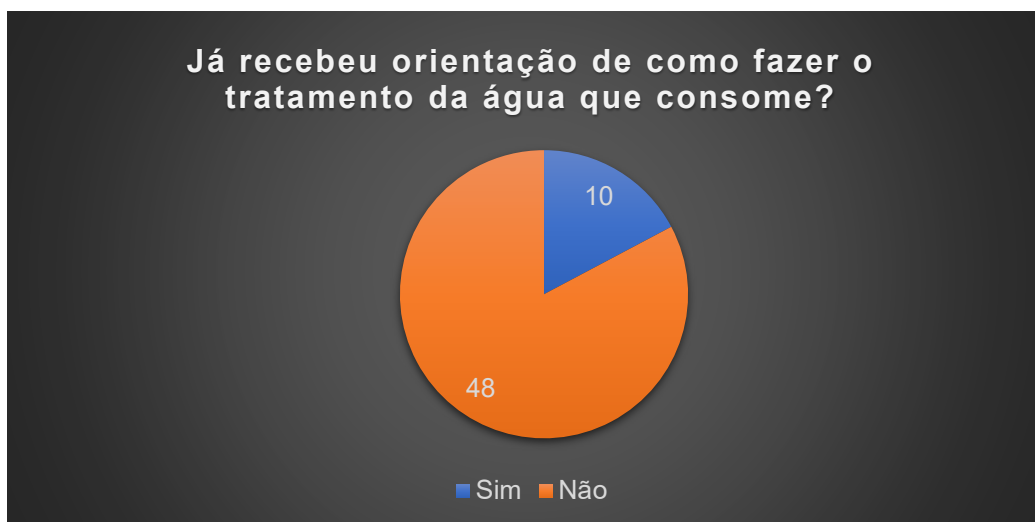


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo com os dados apresentados no Gráfico 27, 48 propriedades relataram não ter recebido nenhum tipo de orientação sobre como realizar o tratamento da água consumida, enquanto 10 propriedades informaram ter recebido algum tipo de recomendação. Esse dado é preocupante, pois reflete que uma parte significativa das propriedades não tem acesso a informações essenciais sobre como tratar a água adequadamente.

Esse cenário destaca a necessidade urgente de implementar ações de educação e conscientização nas áreas rurais, com foco na disseminação de práticas seguras e eficazes de tratamento de água. Programas de orientação e capacitação são fundamentais para garantir a qualidade da água consumida e, conseqüentemente, proteger a saúde da população rural.

Gráfico 27 – Recebeu orientação de como fazer o tratamento da água que consome.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Gráfico 28 mostra que a maioria das propriedades rurais, especificamente 50 das 58 propriedades analisadas, não realiza tratamento da água consumida, como o uso de cloro ou fervura. Esse dado é preocupante, pois evidencia a falta de medidas preventivas para garantir a potabilidade da água, expondo as famílias a riscos de doenças transmitidas por água contaminada.

A ausência de tratamento adequado reforça a necessidade de ações educativas que instruem os moradores sobre a importância do tratamento da água para consumo. A implementação de práticas simples e acessíveis, como a utilização de cloro ou fervura, pode ser uma solução eficaz para melhorar a qualidade da água e prevenir problemas de saúde.

Gráfico 28 – A água para consumo doméstico é devidamente tratada com cloro ou fervida.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Gráfico 29 revela que 35 das 58 propriedades entrevistadas nunca realizaram análises da água consumida, enquanto 22 propriedades afirmaram ter feito a análise da qualidade da água pelo menos uma vez. A realização dessas análises é essencial para assegurar a segurança hídrica, pois ajuda a identificar possíveis contaminantes e evitar riscos à saúde dos moradores.

As propriedades que nunca realizaram o teste estão em uma situação vulnerável, uma vez que a qualidade da água pode variar ao longo do tempo, dependendo de fatores como a estação do ano, condições ambientais e práticas de manejo. Isso reforça a importância de promover a realização periódica de análises da água, garantindo a detecção precoce de problemas e a adoção de medidas corretivas, quando necessário.

Gráfico 29 – Já foi realizada análise da água.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.1.5. Análise Crítica do Sistema de Abastecimento de Água de São Pedro

As principais deficiências que podem ser citadas no abastecimento de água na zona rural de São Pedro, são:

- Propriedades rurais que captam água de nascentes sem caixa com alvenaria ou tampa;
- Poços com estruturas precárias;
- Falta de orientação do Poder Público em relação ao tratamento da água que consome;
- Poços perfurados próximos a fontes de contaminações;

- Métodos de armazenamento com pouca higienização.

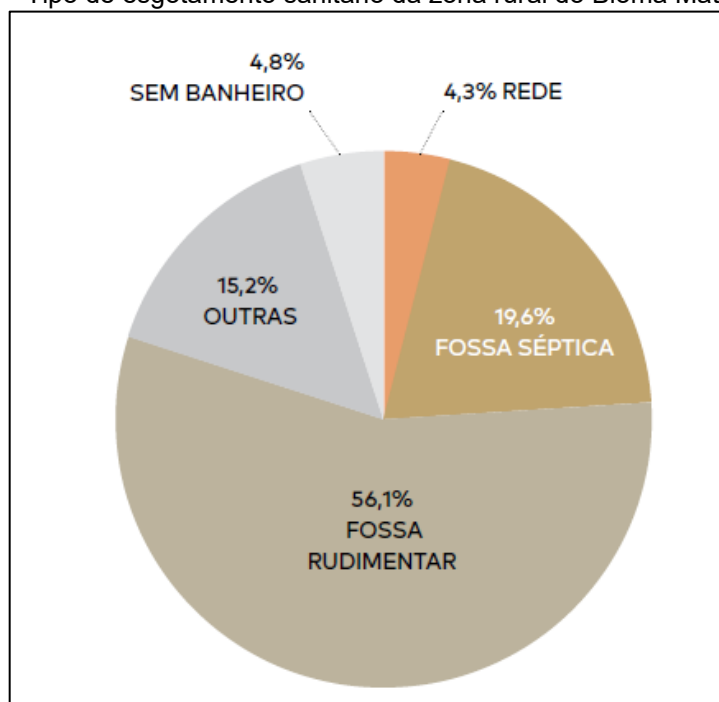
A partir das deficiências levantadas serão apresentadas propostas mitigatórias na etapa de Prognóstico.

### 3.2. Sistema de Esgotamento Sanitário

De acordo com o Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural (2019), os biomas Mata Atlântica e Cerrado, presentes no município de São Pedro, destacam-se pelo predomínio das fossas rudimentares como principal solução para o esgotamento sanitário no meio rural. Essa prática abrange cerca de 58,7% dos domicílios rurais situados nesses biomas. A Figura 84 e a

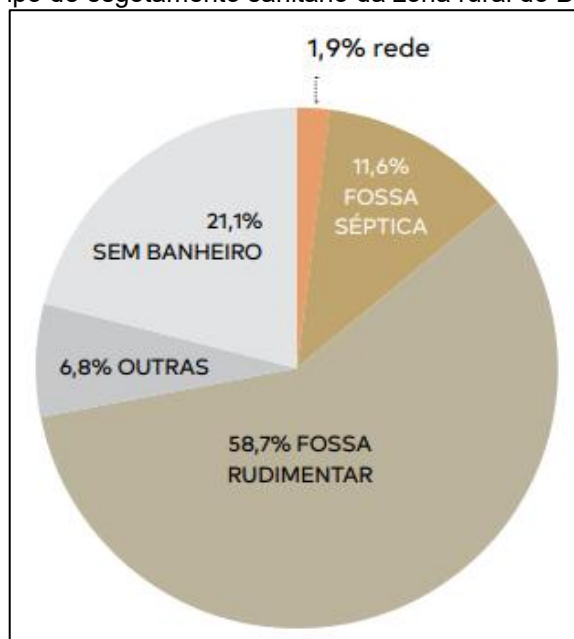
Figura 85 ilustram essas informações de forma detalhada.

Figura 84 - Tipo de esgotamento sanitário da zona rural do Bioma Mata Atlântica.



Fonte: Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019. Adaptado por Líder Engenharia Gestão de Cidades, 2024.

Figura 85 - Tipo de esgotamento sanitário da zona rural do Bioma Cerrado.



Fonte: Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019. Adaptado por Líder Engenharia Gestão de Cidades, 2024.

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) nas macrozonas rurais e no perímetro rural do município de São Pedro é composto majoritariamente por sistemas individuais implementados nas propriedades. Esses sistemas, também denominados descentralizados, são recomendados para atender residências unifamiliares ou pequenos grupos, especialmente em áreas com baixa densidade populacional e lençol freático adequado (Silva, 2017), devido à sua capacidade de disposição final do efluente tratado por meio da infiltração no solo.

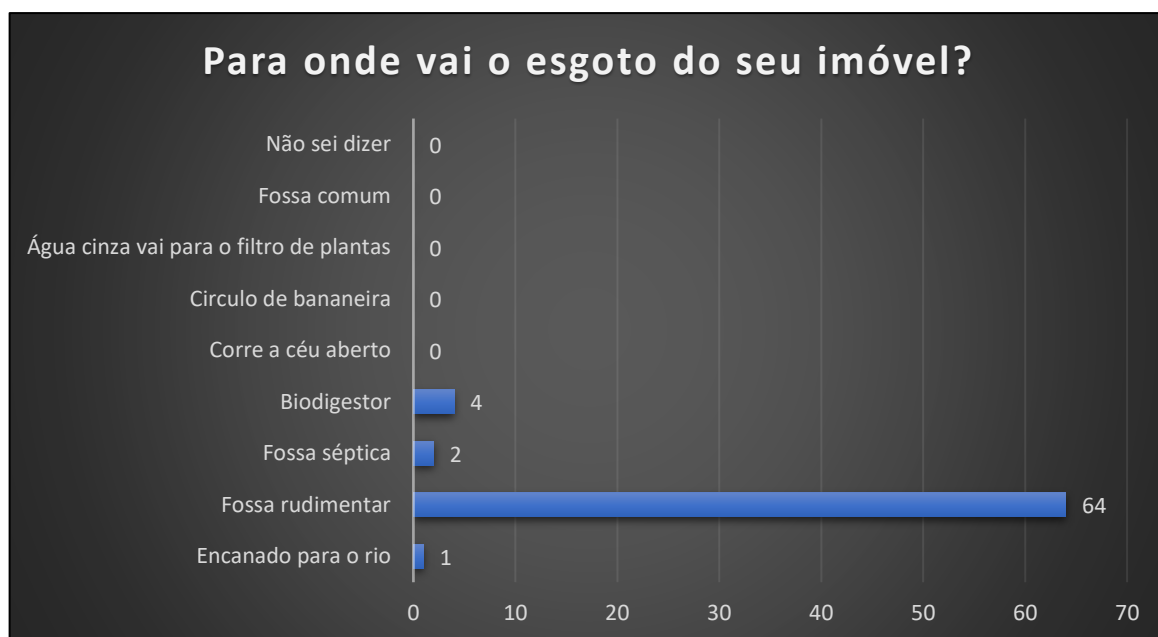
A ausência de tratamento do esgoto sanitário e o despejo direto em mananciais comprometem gravemente a qualidade da água, reforçando a importância de tratá-lo e destiná-lo de forma adequada (Costa e Guilhoto, 2014). No entanto, em algumas localidades, a implementação de soluções eficientes é dificultada por fatores como o afastamento das estações de tratamento, as características geográficas ou a insuficiência de infraestrutura.

Nesse cenário, a descentralização do tratamento de esgoto doméstico, com a implantação de sistemas individuais, como fossas sépticas, filtros e sumidouros, torna-se uma alternativa viável e eficiente (Costa e Guilhoto, 2014). Quando projetados e operados corretamente, esses sistemas atendem comunidades isoladas com eficácia, contribuindo para a redução de impactos ambientais (Gazal, 2022).

Os sistemas individuais de esgotamento sanitário estão entre as soluções mais simples e eficientes para o tratamento de esgoto doméstico, sendo regulamentados pelas normas NBR 7.229 e NBR 13.969. Eles são indicados para residências ou instalações situadas em áreas não atendidas por rede coletora.

Na área rural de São Pedro, o esgoto é majoritariamente tratado por fossas rudimentares, que representam aproximadamente 90% das respostas obtidas nos questionários aplicados. Em seguida, aparecem as fossas sépticas, que correspondem a 2,82%, conforme ilustrado no Gráfico 30.

Gráfico 30 – Onde vai o esgoto do imóvel na área rural do município.



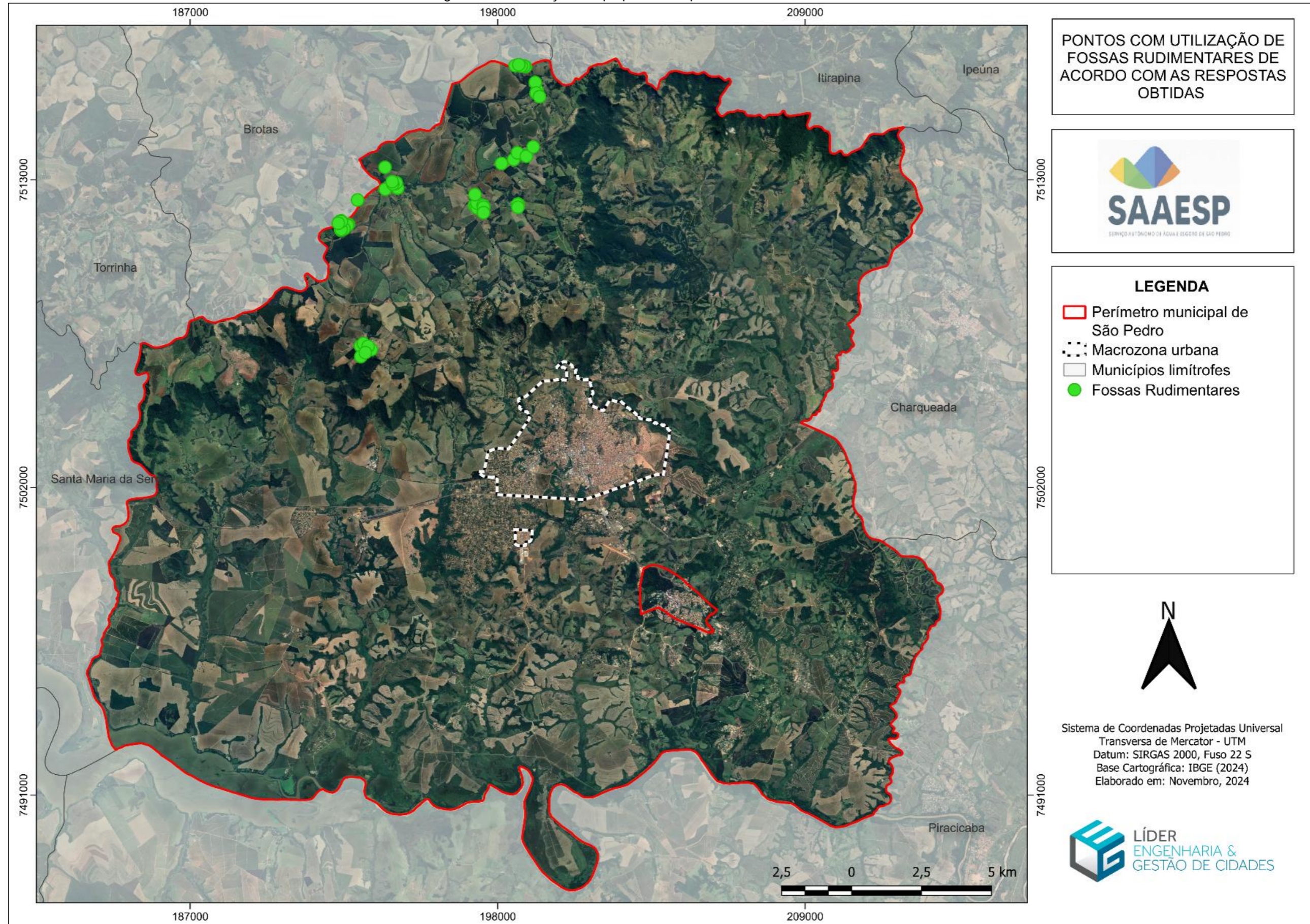
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo com as informações apresentadas no Gráfico 30, foi elaborado um mapa que identifica a localização das propriedades cujos moradores relataram a utilização de fossas rudimentares. Esse mapa tem como objetivo principal permitir a visualização das áreas mais críticas em relação ao tratamento de esgoto na zona rural, possibilitando uma análise mais detalhada e precisa sobre a distribuição dessas infraestruturas inadequadas.

---

É importante destacar que esse tipo de destinação para o esgoto doméstico, por não contar com tratamento ou sistemas de impermeabilização adequados, apresentando riscos significativos. Entre os principais impactos estão a contaminação do solo e dos recursos hídricos, a emissão de gases poluentes e a geração de mau cheiro, que afetam diretamente a qualidade ambiental e a saúde das comunidades.

Figura 86 - Localização das propriedades que utilizam fossas rudimentares.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Gráfico 31 apresenta a proporção de propriedades que utilizam fossas e realizam sua limpeza de forma periódica, evidenciando um número expressivo de casos em que essa prática não é adotada. A limpeza periódica das fossas é essencial para evitar o transbordamento e o acúmulo excessivo de efluentes nos sistemas.

Conforme os dados levantados, 46 propriedades indicaram não realizar a manutenção periódica das fossas, uma prática indispensável para prevenir problemas associados ao acúmulo de resíduos sólidos e líquidos. A falta dessa manutenção pode causar transbordamentos, contaminação do solo e dos lençóis freáticos, além de gerar mau cheiro e riscos significativos à saúde pública.

Gráfico 31 - A limpeza da fossa é feita periodicamente?



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Gráfico 32 revela que 55 das 58 propriedades afirmaram não perceber cheiro de esgoto em suas ruas. Esse dado sugere que, embora a maioria das fossas presentes no local não causem esse incômodo, o problema pode estar associado a fossas mal projetadas, construídas de forma inadequada, mal mantidas ou a vazamentos em tanques de armazenamento de resíduos.

Gráfico 32 – Na sua rua, você sente cheiro de esgoto?



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Em São Pedro, a ausência de um programa estruturado de acompanhamento e fiscalização dos sistemas individuais de esgotamento sanitário agrava os riscos de contaminação do solo, das águas subterrâneas e superficiais. Essa lacuna reforça a necessidade de políticas públicas que garantam a adequação e a manutenção desses sistemas, minimizando impactos ambientais e riscos à saúde pública.

### 3.2.1. Características Gerais dos Sistemas Individuais de Esgotamento Sanitário

#### 3.2.1.1. Fossa Rudimentar

As fossas rudimentares são dispositivos utilizados para a disposição do esgoto no solo, permitindo a infiltração do líquido sem a separação da parte sólida. Revestidas ou não, essas estruturas recebem esgoto proveniente de pias, vasos sanitários, chuveiros, tanques e outros, sendo empregadas em áreas onde não há rede de coleta de esgoto ou onde é insuficiente para atender à demanda (Silveira *et al.*, 2023).

Construídas a partir de um buraco no solo, as dimensões das fossas rudimentares variam conforme o número de pessoas que as utilizam. Idealmente, o fundo deve ser impermeabilizado com concreto ou argamassa para evitar que os resíduos líquidos se infiltrem diretamente no lençol freático (Silveira *et al.*, 2023).

A impermeabilização do fundo de uma fossa rudimentar pode melhorar significativamente sua segurança e eficácia, ao impedir a infiltração de efluentes no solo e minimizar os riscos de contaminação do lençol freático e de corpos d'água próximos. Entretanto, mesmo com essas melhorias, as fossas rudimentares não constituem uma solução adequada para o tratamento do esgoto. Elas oferecem uma opção temporária e econômica, mas não proporcionam um tratamento completo, representando riscos ambientais e à saúde humana a longo prazo (Silveira *et al.*, 2023).

O esgoto acumulado na fossa rudimentar passa por um processo de depuração natural, realizado por bactérias e outros microrganismos presentes no solo. Esses organismos degradam a matéria orgânica, convertendo-a em compostos inorgânicos que podem ser absorvidos pelo solo.

Como destacado anteriormente, as fossas rudimentares são a principal forma de destinação do esgotamento sanitário na zona rural de São Pedro, sendo utilizadas por 54 propriedades, mesmo que essa prática não seja considerada ambientalmente adequada.

A Figura 87 apresenta um exemplo de fossa rudimentar.

Figura 87 – Fossa rudimentar na área rural do município de São Pedro.

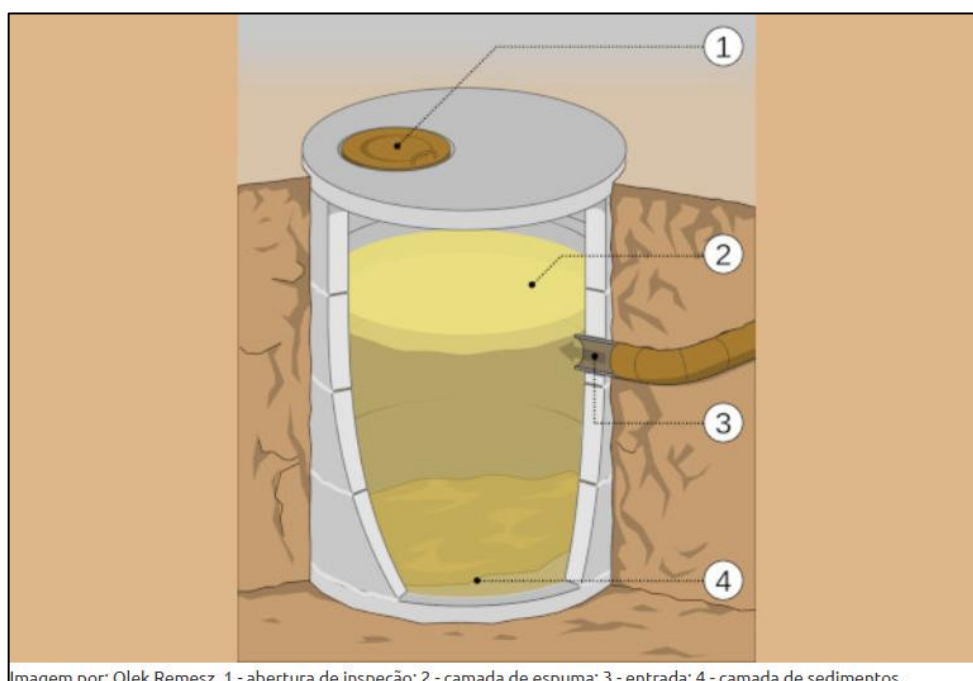


Imagem por: Olek Remesz. 1 - abertura de inspeção; 2 - camada de espuma; 3 - entrada; 4 - camada de sedimentos.

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

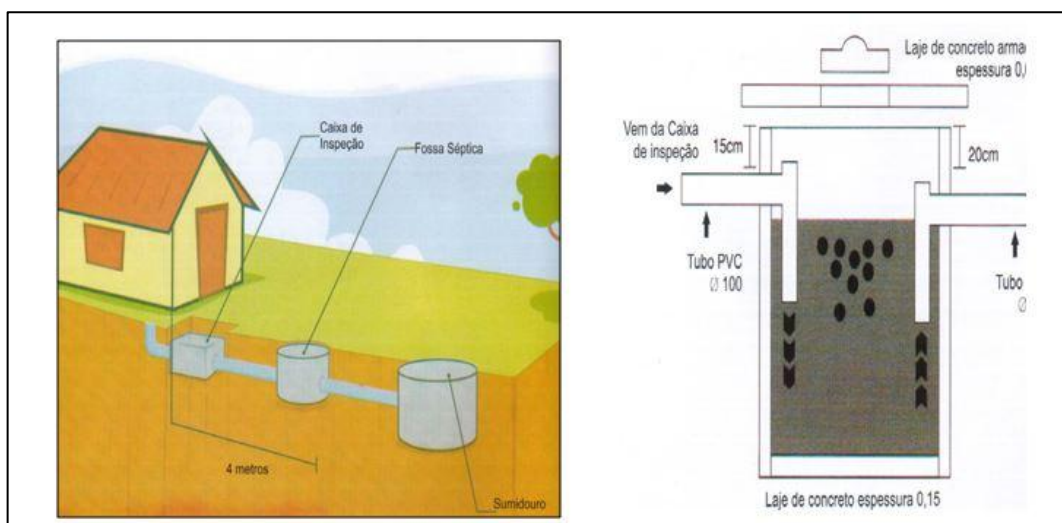
### 3.2.1.2. Fossa Séptica

A fossa séptica é um sistema de tratamento de esgoto doméstico que consiste em um tanque impermeável, geralmente feito de concreto, que recebe os efluentes do vaso sanitário, pias e chuveiros (Torres, 2019). O esgoto é tratado por um processo de decantação e decomposição biológica, que segundo Cordeiro (2011), ocorre da seguinte forma:

- Decantação: Os sólidos do esgoto, como partículas orgânicas, sedimentam no fundo do tanque, formando um lodo. Este lodo é composto por matéria orgânica, areia, detritos e gorduras;
- Decomposição biológica: As bactérias anaeróbicas, que vivem na ausência de oxigênio, decompõem a matéria orgânica do lodo. Esse processo produz gases, como metano e dióxido de carbono, que são liberados para a atmosfera.

A água que passa pela fossa séptica é limpa o suficiente para ser infiltrada no solo, sem causar poluição. Para que a fossa séptica funcione corretamente, é importante que ela seja instalada corretamente e receba manutenção periódica (Cordeiro, 2011).

Figura 88 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas.



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

### 3.2.1.3. Biodigestor

O biodigestor é um equipamento utilizado para tratar efluentes domésticos ou industriais por meio da biodigestão, um processo de decomposição da matéria orgânica na ausência de oxigênio (Barbosa e Langer, 2011).

A biodigestão é realizada por bactérias anaeróbicas, que vivem em ambientes sem oxigênio. Essas bactérias decompõem a matéria orgânica, liberando gases, como metano e dióxido de carbono, além de produzir um efluente conhecido como biofertilizante (Barbosa e Langer, 2011).

Os gases gerados pela biodigestão podem ser aproveitados como fontes de energia, como o gás de cozinha, ou até para a geração de energia elétrica (Deganutti *et al.*, 2002). O biofertilizante, por sua vez, é um fertilizante orgânico que contribui para a melhoria da qualidade do solo e o aumento da produtividade agrícola.

### 3.2.2. Análise Crítica do Sistema de Esgotamento Sanitário de São Pedro.

A principal deficiência que pode ser citada no sistema individual de esgotamento sanitário de São Pedro é:

- Alto número de propriedades rurais que utilizam fossas rudimentares;
- Propriedades com esgoto lançado no rio;
- Propriedades que sentem cheiro de esgoto na rua ou em suas propriedades;
- Alto número de propriedades que não fazem a limpeza adequada.

A partir da deficiência levantada, será apresentada propostas mitigatórias na etapa de Prognóstico.

## 3.3. Sistema de Manejo dos Resíduos Sólidos

O manejo de resíduos sólidos na área rural de um município envolve a implementação de práticas específicas para lidar com os diferentes tipos de resíduos gerados nas atividades agrícolas e nas comunidades rurais. Em muitos casos, a coleta

e a destinação desses resíduos são descentralizadas, com sistemas adaptados às necessidades locais.

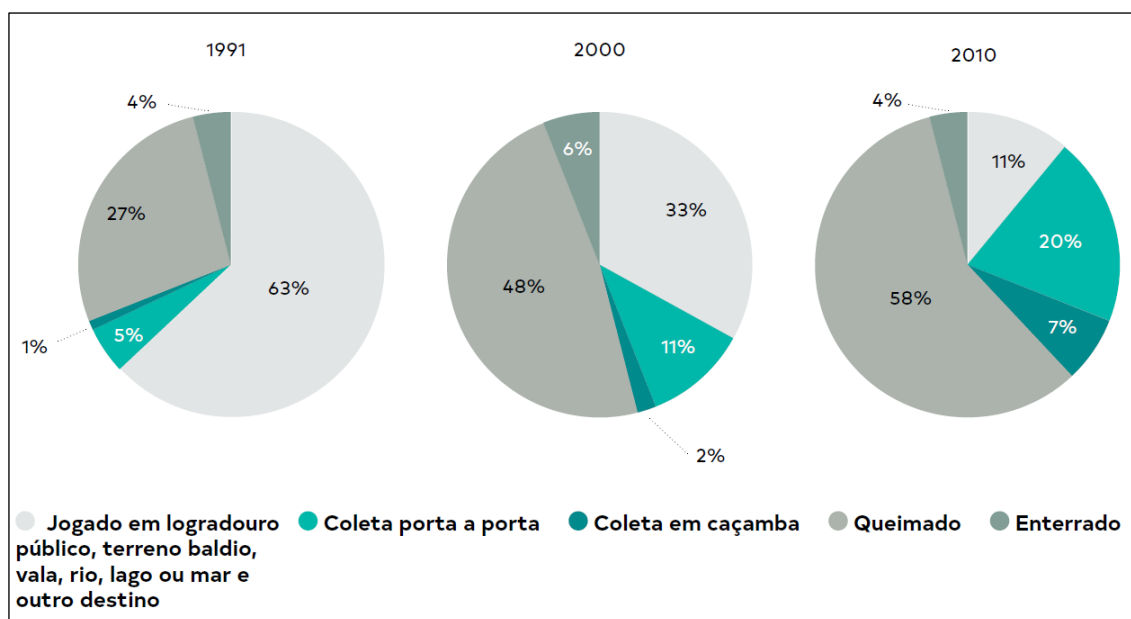
Os agricultores, por exemplo, frequentemente adotam a compostagem para os resíduos orgânicos, transformando-os em adubo para uso na agricultura. Além disso, a separação adequada dos resíduos recicláveis é incentivada, frequentemente por meio de programas de conscientização e educação ambiental.

De acordo com os dados apresentados no Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural (2019), entre os anos de 1991 e 2010, houve uma significativa redução nas formas inadequadas de disposição de resíduos sólidos nos domicílios rurais brasileiros. Práticas como a destinação a logradouros públicos, terrenos baldios, valas, rios ou lagos passaram de 90% para 69%.

No entanto, é notável o aumento considerável no percentual de domicílios rurais que optaram pela queima de resíduos durante o mesmo período, com um aumento de 27% para 58%.

Essa mudança de comportamento indica a necessidade urgente de abordagens mais eficazes para promover práticas sustentáveis de gestão de resíduos nas áreas rurais, com foco na preservação ambiental e na proteção da saúde das comunidades. A Figura 89 ilustra a situação descrita.

Figura 89 - Evolução das formas de destinação de resíduos sólidos nos domicílios rurais brasileiros.



Fonte: Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, é uma legislação federal que define os princípios, objetivos e instrumentos para a gestão integrada e o manejo de resíduos sólidos no Brasil.

No âmbito estadual, o estado de São Paulo conta com a Lei nº 12.300, de 16 de março de 2006, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, além de estabelecer diretrizes para os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Os tópicos a seguir apresentarão um panorama sobre o sistema de manejo de resíduos sólidos na zona rural do município de São Pedro.

### 3.3.1. Resíduos Sólidos Domiciliares - RDO

Os resíduos sólidos domiciliares, também conhecidos como lixo doméstico, são produtos descartados provenientes das atividades cotidianas nos lares. Esses resíduos incluem uma ampla gama de materiais, como embalagens, restos de alimentos, papel, plástico, vidro e outros itens descartáveis. O gerenciamento adequado desses resíduos é essencial para promover a saúde pública, preservar o meio ambiente e garantir a sustentabilidade das comunidades rurais (Oliveira, 2019).

Quando mal gerenciados, os resíduos podem representar riscos à saúde, poluição ambiental, degradação do solo e contaminação da água, afetando negativamente a qualidade de vida dos residentes e a biodiversidade local. A decomposição inadequada de resíduos orgânicos pode gerar odores desagradáveis e contribuir para a disseminação de patógenos (Marinho, 2009).

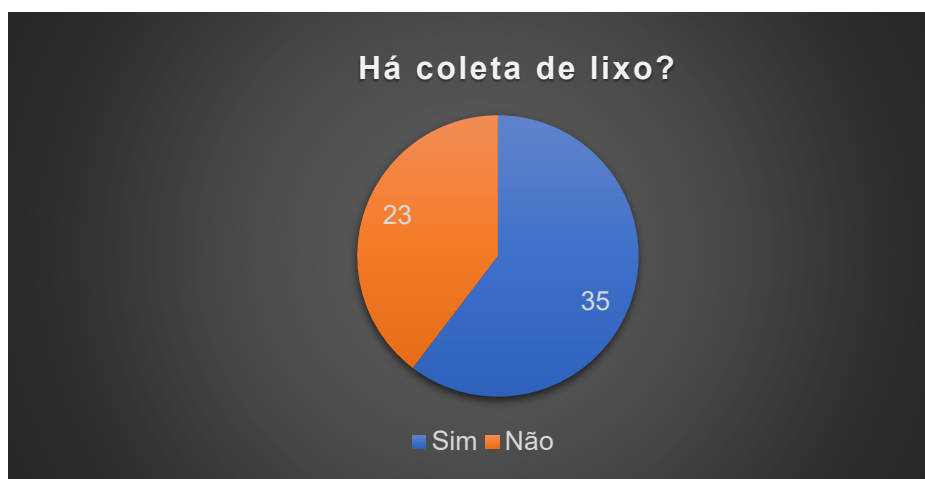
As comunidades rurais frequentemente enfrentam desafios específicos, como a falta de infraestrutura adequada para a coleta e o tratamento de resíduos. No entanto, essas áreas também apresentam oportunidades únicas, como a promoção de práticas agrícolas sustentáveis, a valorização de produtos recicláveis e a criação de empregos locais relacionados à gestão de resíduos (Schalch *et al.*, 2002).

Essas práticas incluem a redução da geração de resíduos, a promoção da reciclagem, o uso de métodos de descarte seguro e a incorporação de princípios de economia circular, visando maximizar a utilização de recursos e minimizar o desperdício (Schalch *et al.*, 2002).

Com relação aos munícipes da zona rural de São Pedro, a aplicação do questionário revelou que 35 propriedades afirmaram contar com a coleta de RDO por meio de lixeiras em pontos específicos, o que representa a maioria. No entanto, as 23 propriedades que não são contempladas com a coleta convencional necessitam de maior inclusão no sistema de coleta, a fim de evitar a destinação inadequada ou a queima dos materiais.

Durante a aplicação dos questionários, observou-se que, em muitos casos, os moradores relataram a ausência de coleta direta em suas residências. No entanto, esses mesmos indivíduos descartavam seus resíduos em pontos de coleta próximos, como caçambas comunitárias. Esse comportamento indica que, embora não ocorra coleta porta a porta, o serviço de coleta está disponível em alguns locais acessíveis, sugerindo um modelo de coleta indireta nas áreas rurais do município.

Gráfico 33 - Propriedades da zona rural que possuem coleta de RDO.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Gráfico 34 apresenta dados sobre o uso de dispositivos de armazenamento de resíduos nas propriedades, mostrando que 33 residências utilizam lixeiras suspensas, enquanto 25 não adotam esse tipo de equipamento. Nos casos em que as lixeiras não são utilizadas, os resíduos são frequentemente descartados em caçambas compartilhadas ou manejados por métodos rudimentares, como a queima ou o enterramento, práticas essas ambientalmente prejudiciais.

É fundamental destacar que a ausência de lixeiras adequadas pode levar à dispersão de resíduos nas vias rurais, provocada pela ação de animais ou pelas intempéries, como chuvas intensas e ventos fortes. Isso contribui para a degradação ambiental, além de representar riscos significativos à saúde pública.

Gráfico 34 - Propriedades rurais de São Pedro que utilizam lixeira suspensa para armazenamento do lixo.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

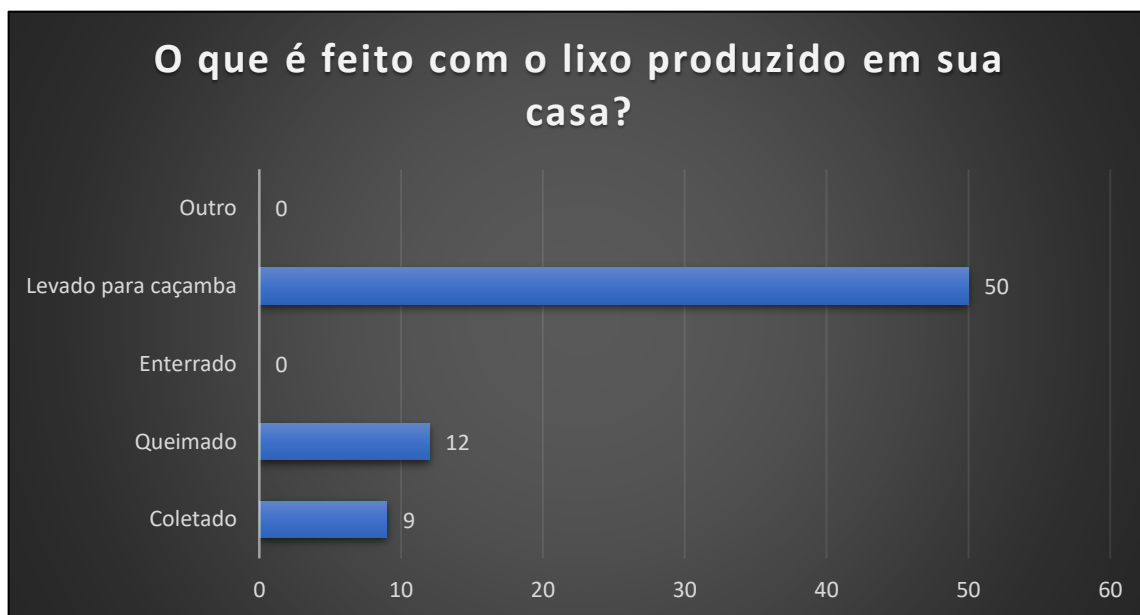
Figura 90 - Lixeiras suspensas para acondicionamento de resíduos em São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024

Ainda de acordo com os dados obtidos por meio do Questionário, observa-se que 50 propriedades encaminham seus resíduos até a caçamba, 12 propriedades adotam a prática de queima dos resíduos e 9 propriedades têm a coleta realizada diretamente na porta, conforme ilustrado no Gráfico a seguir.

Gráfico 35 – Diferentes finalidades do RDO nas propriedades rurais de São Pedro.

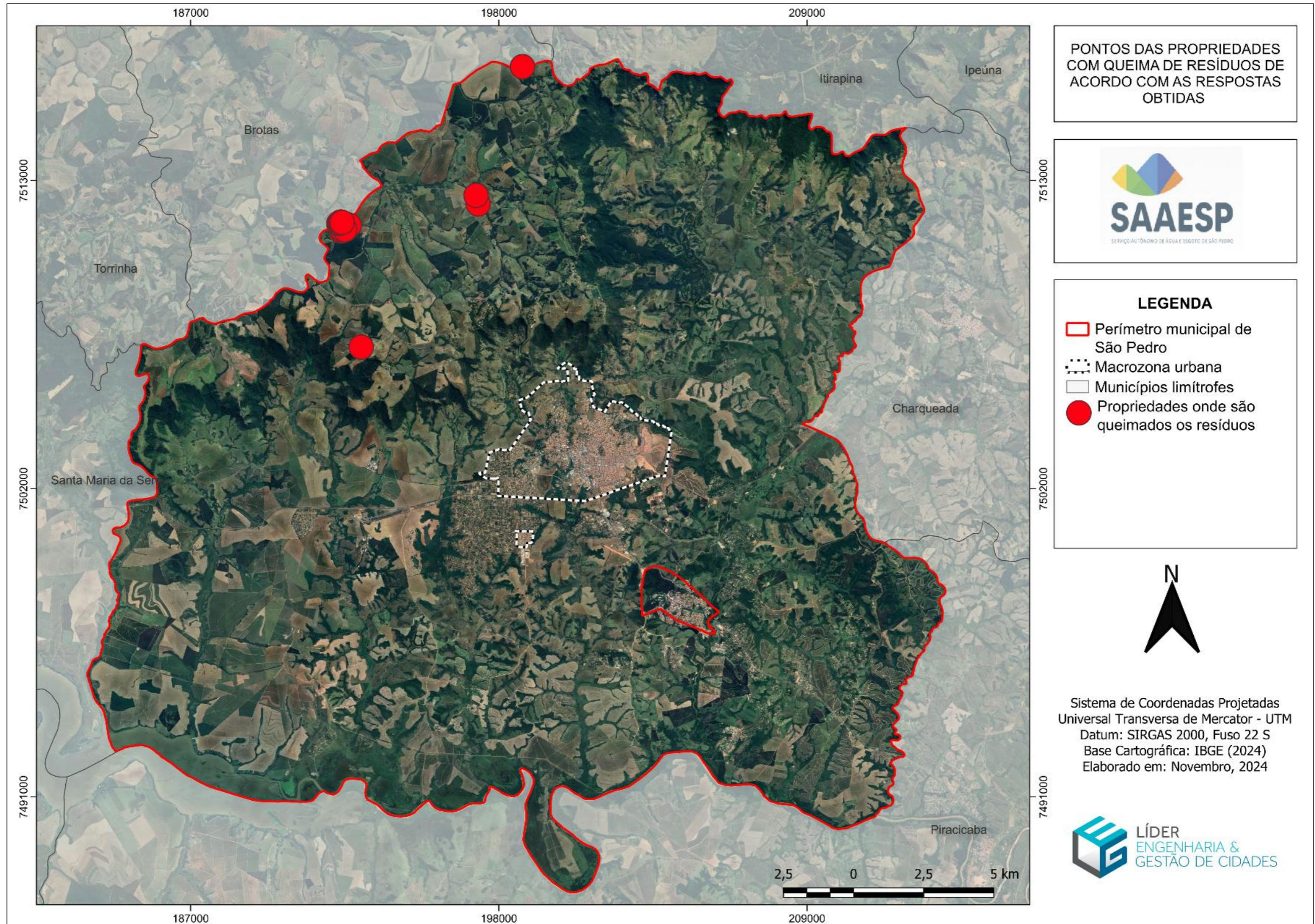


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Figura 91 estabelece uma correlação entre as propriedades que não possuem coleta de resíduos sólidos e as que destinam seus resíduos por meio da queima, conforme as respostas obtidas nos questionários aplicados. Em muitos casos, esses pontos coincidem, evidenciando a ausência de um sistema de coleta adequado. No entanto, também foram identificados locais onde, apesar de haver a coleta, os moradores ainda recorrem à queima dos materiais.

Vale ressaltar que, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/2010, é proibida a queima de resíduos a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade.

Figura 91 - Propriedades com práticas de queima dos resíduos sólidos em São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Os resíduos sólidos domiciliares coletados em São Pedro são enviados para a Essencial Central de Tratamento de Resíduos Ltda, localizada em Rio das Pedras/SP, a aproximadamente 69 km de distância. No entanto, durante o levantamento de campo, foram identificados alguns pontos de disposição irregular de resíduos sólidos. Esses pontos de descarte inadequado comprometem a gestão de resíduos no município e representam um risco para a saúde pública e o meio ambiente, como detalhado no tópico sobre Pontos de Descarte Irregular.

### 3.3.2. Resíduos de Atividades Agrícolas e Pecuárias

A gestão eficiente dos resíduos agrícolas e pecuários é essencial para promover a sustentabilidade no meio rural. Os resíduos agrícolas, como restos de colheitas e palhada, podem ser valiosos para a agricultura quando devidamente manejados, e a compostagem se destaca como uma prática eficiente. Por meio desse processo, esses resíduos são transformados em composto orgânico, enriquecendo a fertilidade do solo e contribuindo para a redução do uso de fertilizantes químicos, promovendo a sustentabilidade a longo prazo (Bastos, 2017).

Quanto aos resíduos pecuários, compostar esterco é uma prática eficaz para reduzir o impacto ambiental. A compostagem de esterco permite que os nutrientes presentes sejam aproveitados de forma benéfica para a agricultura, além de reduzir a emissão de gases nocivos ao ambiente.

Além disso, a construção de biodigestores, que transformam resíduos orgânicos em biogás, oferece uma alternativa sustentável ao uso de energia, além de permitir o reaproveitamento dos nutrientes como fertilizantes. Isso contribui para a redução de impactos ambientais negativos e promove uma economia circular, em que os resíduos se tornam recursos (Oliveira, 2010; Melo e Duarte, 2018).

A Figura 92 exemplifica um biodigestor, que ilustra como os resíduos e o esterco, podem ser tratados de maneira eficaz, transformando-os em energia renovável e fertilizantes orgânicos, contribuindo para a sustentabilidade e melhorando a eficiência das propriedades rurais.

Figura 92 - Exemplo de biodigestor.



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

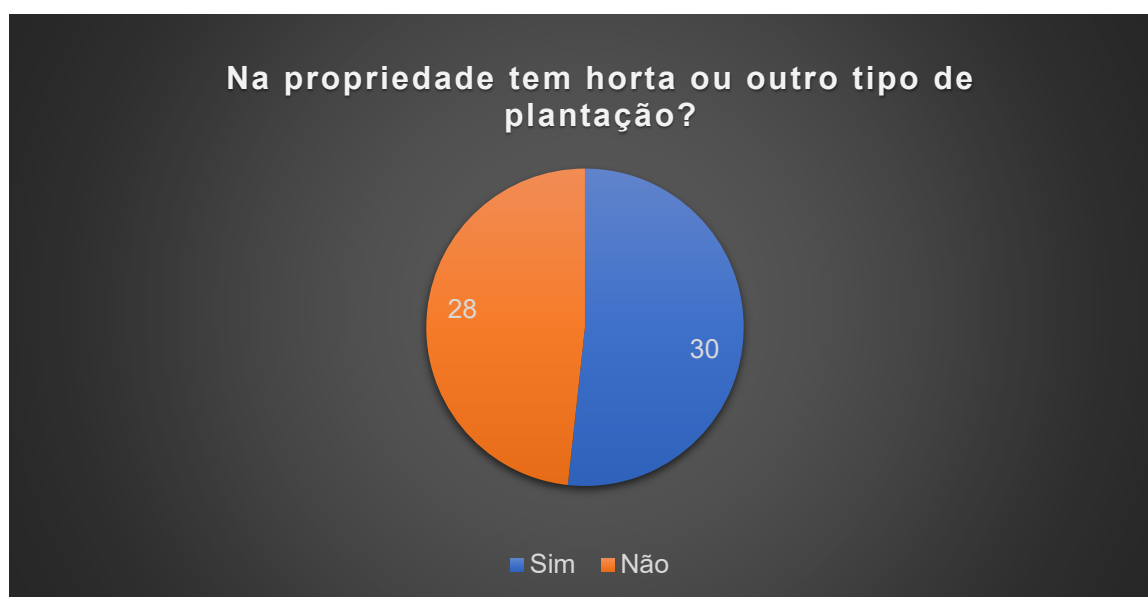
No que diz respeito aos resíduos das embalagens de agrotóxicos, outro aspecto importante em São Pedro é o processo de devolução das embalagens no próprio ponto de venda de novos produtos químicos. Esta prática está em conformidade com as diretrizes de gestão responsável de resíduos, minimizando os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado. Ao adotar este procedimento, o município segue os regulamentos ambientais e garante que o ciclo de vida das embalagens seja gerido de maneira segura e sustentável.

Essas práticas, como a compostagem e a devolução das embalagens de agrotóxicos, são fundamentais para promover a reciclagem de nutrientes, reduzir os impactos ambientais e assegurar um futuro mais sustentável. A capacitação dos proprietários rurais, aliada ao cumprimento das normas ambientais, é essencial para o sucesso dessas iniciativas (Oliveira *et al.*, 2015).

Além disso, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) estabelece que a destinação ambientalmente adequada de resíduos provenientes da plasticultura deve priorizar sua reutilização, reciclagem ou outra forma de valorização. Essas medidas buscam minimizar os impactos ambientais por meio da redução na geração de resíduos e da transformação de materiais em novos produtos, sempre em conformidade com as regulamentações ambientais.

Por fim, em São Pedro, 28 propriedades não possuem hortas ou outro tipo de cultivo em seus terrenos, enquanto 30 realizam algum tipo de plantio, representando cerca de 51,72% do total de propriedades do município. Essas informações são importantes para planejar e implementar ações de manejo de resíduos agrícolas e a promoção de práticas sustentáveis que beneficiem tanto o meio ambiente quanto a saúde pública local.

Gráfico 36 - Propriedades que possuem hortas ou outro tipo de plantação.

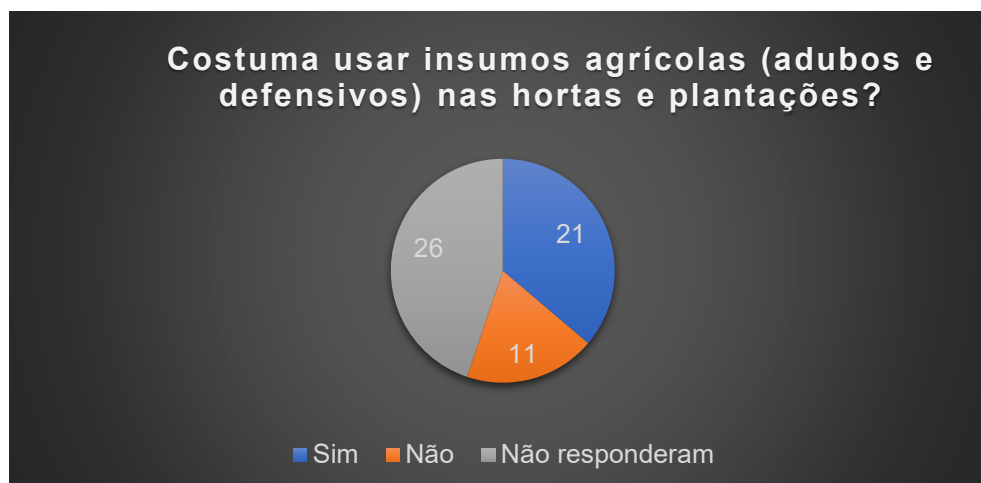


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Conforme demonstrado no Gráfico 37 e nas respostas obtidas exclusivamente dos entrevistados que declararam possuir hortas ou plantações em suas propriedades, foi possível identificar que 21 propriedades fazem uso de insumos agrícolas em suas culturas.

Esses resultados evidenciam a importância de uma estrutura adequada para o recolhimento e descarte seguro das embalagens de produtos agrícolas. O manejo adequado desses resíduos é essencial para minimizar os impactos ambientais, evitando a contaminação do solo e da água, e promovendo práticas sustentáveis na agricultura.

Gráfico 37 - Propriedades que utilizam insumos agrícolas na zona rural de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.3.3. Resíduos da Construção Civil - RCC

Os resíduos sólidos da construção civil referem-se aos materiais descartados provenientes de atividades relacionadas à construção, reforma, demolição ou manutenção de edificações.

Esses resíduos, muitas vezes denominados entulhos, podem abranger uma ampla gama de materiais, incluindo concreto, tijolos, madeira, metais, vidros, plásticos, entre outros (Takenaka, Arana e Albano, 2012).

A presença de resíduos sólidos de construção civil no meio rural pode representar riscos para a saúde pública. A exposição a materiais tóxicos presentes nos resíduos pode resultar em problemas respiratórios, dermatológicos e outras complicações de saúde (Takenaka, Arana e Albano, 2012).

Além disso, o RCC muitas vezes contém substâncias tóxicas e poluentes, que, quando descartados de forma inadequada, podem contaminar o solo e recursos hídricos. Isso resulta em uma degradação ambiental que afeta diretamente a biodiversidade local (Silva *et al.*, 2015).

No município de São Pedro, embora existam iniciativas e estruturas relacionadas à gestão de RCC na área urbana, não há leis específicas para a área rural. Em casos de construções e reformas, é recomendado que os resíduos gerados sejam acondicionados em caçambas e recolhidos por empresas especializadas, devidamente licenciadas, garantindo o transporte e a destinação adequada desses materiais.

Apesar dessa lacuna legislativa, a Lei Municipal nº 2303/2001, apresenta diretrizes importantes relacionadas ao gerenciamento de resíduos da construção civil. A lei estabelece etapas fundamentais que devem ser cumpridas pelas concessionárias responsáveis pela gestão dos RCC, incluindo:

- 1. Definição de Entulho:** A lei específica que entulho se refere a materiais sólidos originados de obras de construção civil (Art. 2º).
- 2. Responsabilidade do Particular:** O responsável pela obra deve fazer a remoção do entulho, podendo contratar empresas especializadas, autorizadas pelo Município (Art. 3º).
- 3. Proibição de Descarte Irregular:** O descarte de entulho em locais públicos é proibido. Caso ocorra acúmulo, o responsável deve retirar em até 24 horas ou a Prefeitura o fará, cobrando o custo (Art. 4º).
- 4. Sanções e Multas:** A violação das normas pode resultar em multas, com penalidades progressivas, como revogação de alvará após reincidências (Art. 5º e Art. 17).
- 5. Requisitos para Caçambas:** As caçambas devem cumprir requisitos específicos de sinalização, cores e identificação da empresa (Art. 6º).
- 6. Regulamentação de Colocação de Caçambas:** A colocação de caçambas nas vias públicas deve respeitar normas de distância de esquinas e horários de carga e descarga na zona central (Art. 7º a 12).
- 7. Transporte e Depósito:** Exigências sobre como o entulho deve ser transportado e armazenado, com a necessidade de evitar derramamento e poluição (Art. 15 e 16).
- 8. Fiscalização:** A fiscalização e o cumprimento da lei ficam a cargo do Departamento de Obras e da Fiscalização da Tributação (Art. 20).

A Lei de Retirada de Entulho de São Pedro regula a remoção e destinação de resíduos da construção civil, responsabilizando os proprietários de obras pela retirada do entulho de acordo com as normas estabelecidas ou pela contratação de empresas especializadas.

### 3.3.4. Resíduos Orgânicos

A gestão de resíduos orgânicos contribui significativamente para o desenvolvimento sustentável, pois, aumenta a vida útil de aterros sanitários, reduz a geração de resíduos e garante a destinação ambientalmente correta. Além disso, a gestão eficaz desses resíduos facilita a triagem dos materiais recicláveis e reutilizáveis, contribuindo para a redução dos níveis de poluição ambiental (Pereira e Maia, 2012).

Gerenciar resíduos orgânicos envolve um conjunto de ações adequadas nas etapas de coleta, armazenamento, transporte, tratamento, destinação final e disposição final. Essas práticas têm como objetivo a minimização da produção de resíduos, a preservação da saúde pública e a qualidade do ambiente. Entre as melhores e mais comuns técnicas para a gestão de resíduos orgânicos, destacam-se a compostagem, a biodigestão e a vermicompostagem, que são práticas sustentáveis que promovem a reciclagem de nutrientes e a redução do impacto ambiental (Farias, 2001).

### 3.3.5. Coleta Seletiva

A coleta seletiva é uma prática fundamental para o gerenciamento sustentável de resíduos sólidos e desempenha um papel importante na geração de emprego e renda, promovendo a inclusão social, especialmente de grupos vulneráveis. Além disso, é uma das alternativas de tratamento de resíduos mais benéficas do ponto de vista ambiental, pois contribui para a redução do consumo de recursos naturais, como energia elétrica e água, e previne a poluição do solo e dos corpos hídricos (Peixoto, Campos e D'Agosto, 2005).

A coleta seletiva refere-se ao conjunto de procedimentos destinados ao recolhimento de resíduos recicláveis e orgânicos compostáveis, previamente separados dos resíduos não reaproveitáveis na fonte geradora. Ela também envolve o recolhimento de materiais recicláveis separados por catadores entre os resíduos domiciliares. Essa separação visa evitar a contaminação dos materiais recicláveis e aumentar o seu valor agregado (Peixoto, Campos e D'Agosto, 2005).

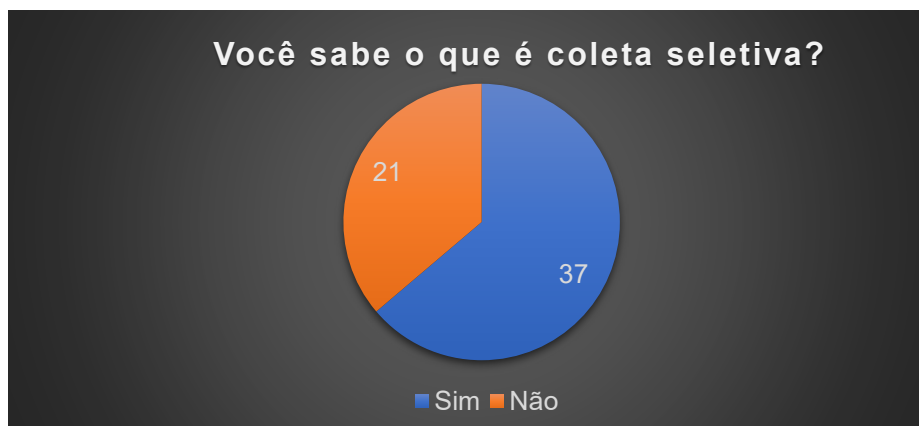
O mercado de reciclagem no Brasil tem grande potencial econômico. Segundo estudo realizado pela Secretaria de Política Econômica (SPE) do Ministério da Economia em parceria com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o mercado de créditos de reciclagem pode movimentar entre R\$ 6,9 bilhões e R\$ 14,2 bilhões por ano. Contudo, ainda há uma grande perda de recursos, com aproximadamente R\$ 8 bilhões por ano sendo desperdiçados devido à destinação inadequada de resíduos que poderiam ser reciclados.

Apesar da importância da coleta seletiva, a sua implementação no Brasil ainda está em estágio inicial. Dados do Diagnóstico Temático de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (SNIS 2021) indicam que apenas 40% da população brasileira, ou cerca de 69,7 milhões de pessoas, tem acesso à coleta seletiva porta a porta. A cobertura média municipal é de apenas 14,7%, com a maior abrangência no Sul do Brasil (31,9%) e a menor no Nordeste (1,9%).

Na zona rural de São Pedro, a coleta seletiva é realizada por catadores individuais, que passam por algumas residências para recolher os materiais recicláveis diretamente dos moradores. Além dessa forma de coleta, os residentes também têm a opção de levar os resíduos até a cidade para um descarte adequado.

Conforme o Gráfico 38, 37 das 58 propriedades afirmaram ter conhecimento sobre a coleta seletiva. No entanto, como demonstrado no Gráfico 39, apenas 21 propriedades estão realizando a coleta seletiva, enquanto 37 ainda não participam desse serviço. Esses dados evidenciam a necessidade de expandir a cobertura e a conscientização sobre a importância da coleta seletiva na área rural.

Gráfico 38 – Sabe o que é coleta seletiva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Gráfico 39 – Realiza a coleta seletiva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A partir dos dados apresentados, é possível observar que, embora a coleta seletiva seja um programa amplamente reconhecido pela população rural de São Pedro, ainda há um longo caminho a percorrer para sua plena implementação. Um número considerável de propriedades, representando 63,8% do total, não participa efetivamente desse processo.

### 3.3.6. Pontos de Descarte Irregular

A Constituição Federal de 1988, em seu Capítulo VI, Art. 225, assegura que todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida. Esse direito implica que a disposição inadequada dos resíduos sólidos compromete a qualidade do ambiente e, conseqüentemente, a saúde pública. Nesse contexto, cabe tanto ao Poder Público quanto à coletividade a responsabilidade de proteger e preservar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras (BRASIL, 2003).

A disposição inadequada de resíduos sólidos é uma realidade comum em muitas regiões, representando um grave passivo ambiental. No caso específico do município de São Pedro, essa prática está diretamente associada a um problema de saúde pública, em contrariedade ao disposto no Art. 225 da Constituição. A falta de infraestrutura adequada e o não cumprimento das normas ambientais contribuem para a propagação desse problema, agravando ainda mais o impacto na saúde e no meio ambiente.

A Figura 93 ilustra alguns dos locais identificados na zona rural de São Pedro, onde ocorre o despejo irregular de resíduos sólidos. Estes pontos de descarte irregular representam não apenas um risco à saúde pública, mas também uma ameaça à biodiversidade local, ao solo e aos recursos hídricos da região.

**Figura 93 - Registros fotográficos de pontos de descarte irregular de resíduos sólidos.**  
(Coordenada: Latitude: -22° 28' 16" – Longitude: -47° 56' 37")



(Coordenada: Latitude: -22° 38' 24" – Longitude: -48° 1' 29")



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.3.7. Análise Crítica do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos

A seguir, serão descritos os principais problemas relacionados ao sistema de manejo dos resíduos sólidos da zona rural de São Pedro, os quais embasarão as soluções propostas no Prognóstico.

- Pontos de descarte irregular de resíduos sólidos na área rural do município;
- Baixo número de caçambas para o acondicionamento de resíduos sólidos domiciliares;
- Deficiência na cobertura da coleta de resíduos domiciliares na área rural;
- Ausência de pontos de entrega para resíduos recicláveis;
- Ausência de pontos de entrega para resíduos da construção civil na zona rural;
- Alto número de propriedades que queimam seus resíduos.

### 3.4. Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais

A realização de estudos de drenagem na zona rural, no contexto do saneamento básico, é essencial para promover a qualidade de vida, a preservação ambiental e a sustentabilidade nas áreas rurais. O entendimento dos padrões hidrológicos, o impacto das atividades agrícolas sobre o solo e a avaliação dos sistemas de drenagem são essenciais para prevenir inundações, erosões e a contaminação dos recursos hídricos.

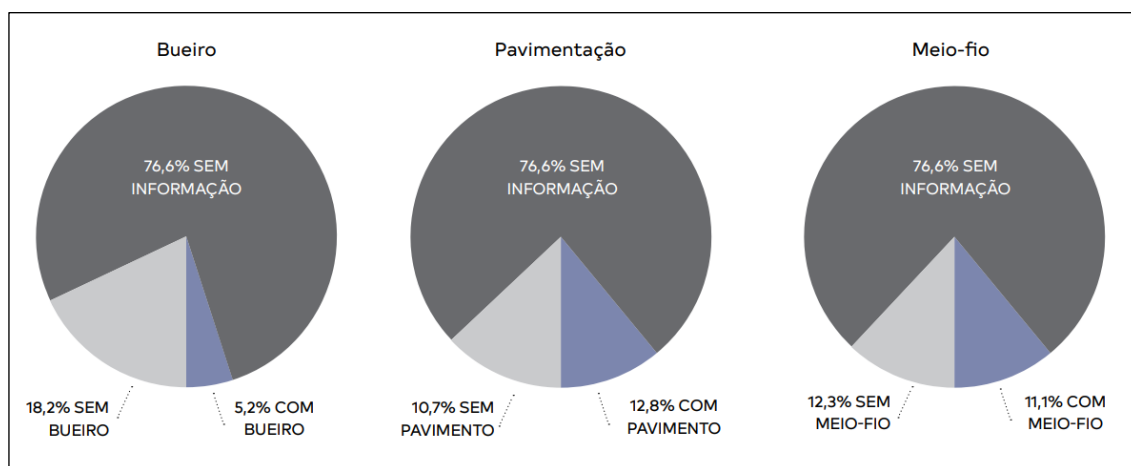
Além disso, uma gestão eficiente da drenagem rural é fundamental para preservar os recursos hídricos, essenciais tanto para a produção agrícola quanto para a manutenção dos ecossistemas locais. Ao avaliar e otimizar os sistemas de drenagem na zona rural, é possível reduzir os riscos de doenças relacionadas à água, promover práticas agrícolas sustentáveis e garantir a utilização responsável dos recursos naturais. Essas ações contribuem para consolidar um ambiente rural mais resiliente e saudável.

Os principais desafios associados à drenagem de águas pluviais no meio rural estão relacionados a problemas nas estradas rurais e aos processos erosivos. A persistência da erosão frequentemente leva à remoção da camada fértil do solo, o que pode resultar em danos consideráveis às culturas. Em situações extremas, esses processos erosivos podem evoluir para deslizamentos de terra, prejudicando ainda mais a infraestrutura rural.

As estradas rurais desempenham um papel fundamental no desenvolvimento e conectividade das áreas rurais, facilitando o acesso a mercados, escolas, serviços de saúde e promovendo o intercâmbio econômico. No entanto, no contexto da drenagem, a importância das estradas é ainda mais evidenciada. A drenagem adequada nas estradas rurais é vital para garantir o livre acesso, evitar a formação de poças d'água, reduzir o potencial de proliferação de vetores de doenças e preservar a qualidade dos recursos hídricos locais.

De acordo com o Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural (2019), o eixo de drenagem das águas pluviais, quando comparado com outros eixos do saneamento básico, como abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos, apresenta uma quantidade limitada ou nenhuma informação sobre a situação atual. A seguir, a Figura 94 ilustra essa realidade.

**Figura 94 - Situação dos imóveis rurais em relação ao eixo de drenagem das águas pluviais (considerando a delimitação de rural do PNSR).**

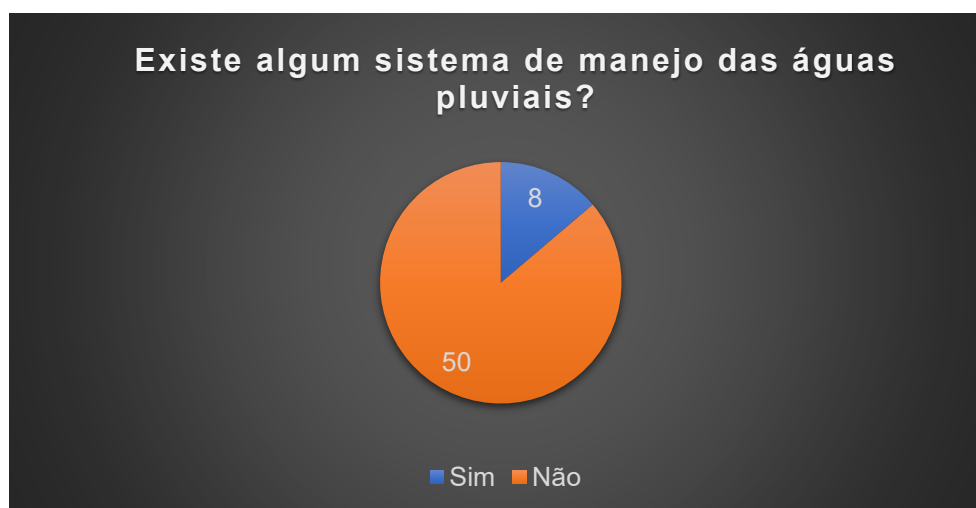


Fonte: Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De acordo com o Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural (2019), a infraestrutura de drenagem nas propriedades rurais é um desafio significativo. Apenas 12,8% das propriedades rurais do Estado de São Paulo, que representam 1.428.345 propriedades, estão localizadas em vias pavimentadas, enquanto 11,1% (1.245.561 propriedades) têm vias com meio-fio, e 5,2% (582.527 propriedades) possuem bueiros. Um dado relevante é que 76,6% das propriedades, equivalente a 8.564.631, não possuem informações sobre a presença de pavimentação, bueiros ou meio-fio nas vias adjacentes.

Na zona rural de São Pedro, conforme o Gráfico 40 demonstra, apenas 8 propriedades possuem algum tipo de sistema de manejo das águas pluviais. Em contraste, 50 respostas indicaram a ausência de dispositivos para o manejo adequado dessas águas. Isso evidencia a necessidade urgente de implementação e melhorias nas infraestruturas de drenagem na zona rural de São Pedro, visando não apenas o conforto e a segurança das propriedades, mas também a preservação ambiental e a qualidade dos recursos hídricos.

Gráfico 40 – Sistema de Manejo das Águas Pluviais.

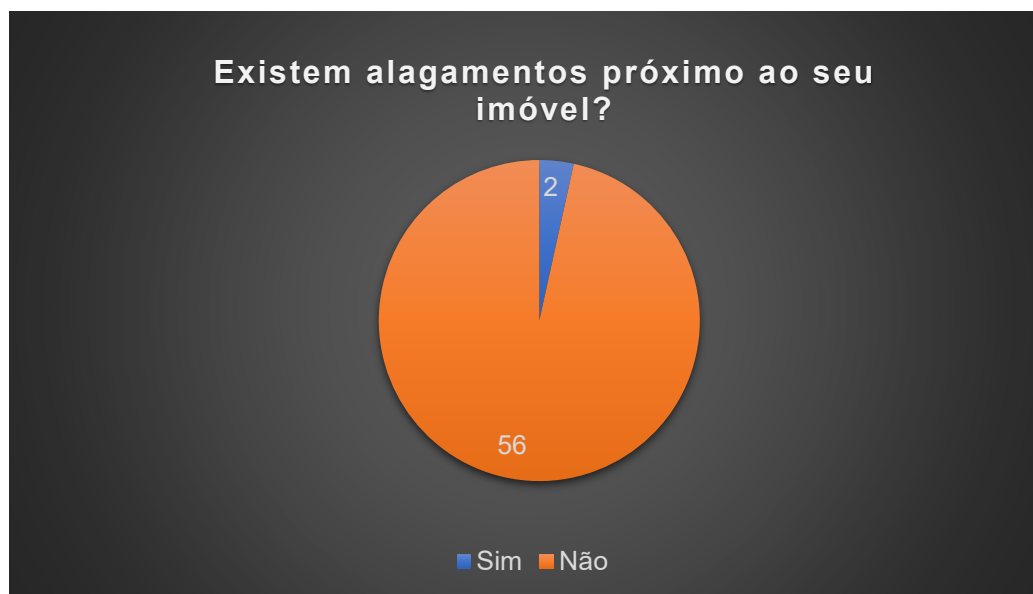


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Com base nas informações coletadas no questionário aplicado, foi possível identificar que, em relação à ocorrência de alagamentos, apenas duas propriedades relataram que enfrentam esse problema próximo às suas residências. Esse dado é evidenciado pelo Gráfico 41 abaixo. A ocorrência de alagamentos pode estar

associada a diversos fatores, como o acúmulo de águas pluviais, a falta de sistemas adequados de drenagem ou a impermeabilização do solo.

Gráfico 41 - Ocorrência de alagamentos próximos às propriedades entrevistadas.

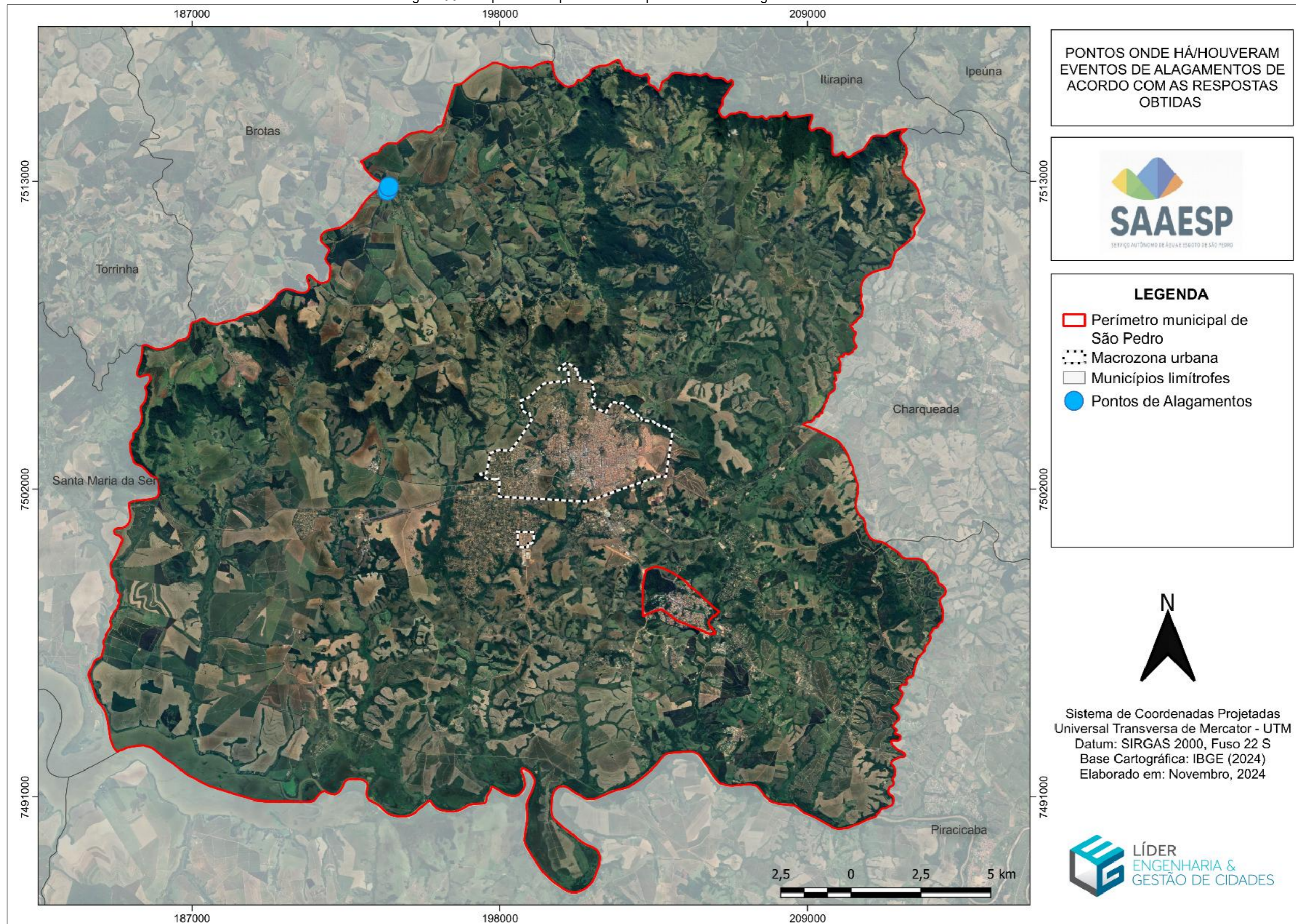


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Vale ressaltar que, conforme mencionado pelos moradores durante a aplicação dos questionários, a frequência de alagamentos, quando ocorre, não é alta, sendo mais comum durante eventos de chuvas intensas na região. Esses episódios de alagamento, apesar de esporádicos, indicam a necessidade de um gerenciamento mais eficiente das águas pluviais, especialmente em áreas que podem ser mais suscetíveis a esses eventos.

Na Figura 95, é apresentado o mapa com a localização das propriedades que alegaram problemas com alagamento durante períodos de chuvas. Esse mapa serve como uma importante ferramenta para a tomada de decisões em relação ao manejo das águas pluviais na zona rural de São Pedro, permitindo identificar as áreas mais impactadas e priorizar ações de mitigação e infraestrutura adequadas.

Figura 95 - Propriedades que afirmaram problemas com alagamento nas redondezas.



PONTOS ONDE HÁ/HOUVERAM  
EVENTOS DE ALAGAMENTOS DE  
ACORDO COM AS RESPOSTAS  
OBTIDAS



**LEGENDA**

- Perímetro municipal de São Pedro
- Macrozona urbana
- Municípios limítrofes
- Pontos de Alagamentos



Sistema de Coordenadas Projetadas  
Universal Transversa de Mercator - UTM  
Datum: SIRGAS 2000, Fuso 22 S  
Base Cartográfica: IBGE (2024)  
Elaborado em: Novembro, 2024



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Neste plano, a componente drenagem e manejo de águas pluviais, em sua fase de diagnóstico, pretende analisar os sistemas de drenagem natural, apontar problemas existentes e potenciais, 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, características dos solos e topografia.

Ressalta-se, que este capítulo do PMSR, difere-se de um Plano de Macrodrenagem ou Plano de Controle de Erosão, sendo estes, responsáveis por propor diretrizes técnicas para solucionar problemas de inundação, assoreamento e erosão. Enquanto, aqui será apresentado um panorama do ciclo hidrológico das principais microbacias que exercem influência direta na zona rural de São Pedro e cálculos de intensidade de chuvas.

De face com o exposto acima, o estudo hidrológico tem por objetivo determinar a bacia hidrográfica predominante na área rural do município de São Pedro, na qual as condições de infiltração das águas pluviais são menos propícias em comparação com as demais, requerendo maior atenção.

#### **3.4.1. Caracterização das Microbacias de Influência na Zona Rural**

A obtenção das bacias hidrográficas que possuem influência na zona rural de São Pedro, foi realizada a partir do MDE (Modelo Digital de Elevação) disponibilizado pelo projeto TOPODATA, formado por colaboração entre o INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e a FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Os Modelos Digitais de Elevação são conjuntos de dados que representam a elevação do terreno ou superfície da Terra em uma região específica, em formato digital.

A Figura 96 apresenta as especificações do MDE que possui resolução espacial de 30 metros.

Figura 96 - Especificações do MDE.

Informação do provedor	
<b>Extensão</b>	-48.0805519600000011,-22.6922222220000016 : -47.7824956489999977,-22.4244444439999988
<b>Largura</b>	1073
<b>Altura</b>	964
<b>tipo de dado</b>	Float32 - Ponto flutuante de 32 bits
<b>Descrição do driver GDAL</b>	GTiff
<b>Metadados do driver GDAL</b>	GeoTIFF
<b>Descrição do registro</b>	C:\Users\lider\Desktop\Pedro\Municípios\São Pedro - SP\São Pedro - PMSR\Mapas do Produto 4\Micro-bacias\MDE são pedro.tif
<b>Compressão</b>	
<b>Banda 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• STATISTICS_APPROXIMATE=YES</li> <li>• STATISTICS_MINIMUM=447.26098632812</li> <li>• STATISTICS_MAXIMUM=993.24700927734</li> <li>• STATISTICS_MEAN=603.82546038128</li> <li>• STATISTICS_STDDEV=147.73026073415</li> <li>• STATISTICS_VALID_PERCENT=65.59</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escala: 1</li> <li>• Deslocamento: 0</li> </ul>
<b>Mais informação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AREA_OR_POINT=Area</li> </ul>
<b>Dimensões</b>	X: 1073 Y: 964 Bandas: 1
<b>Origem</b>	-48.0805519600000011,-22.4244444439999988
<b>Tamanho do Pixel</b>	0.00027777784818266574121,-0.000277777780083016566

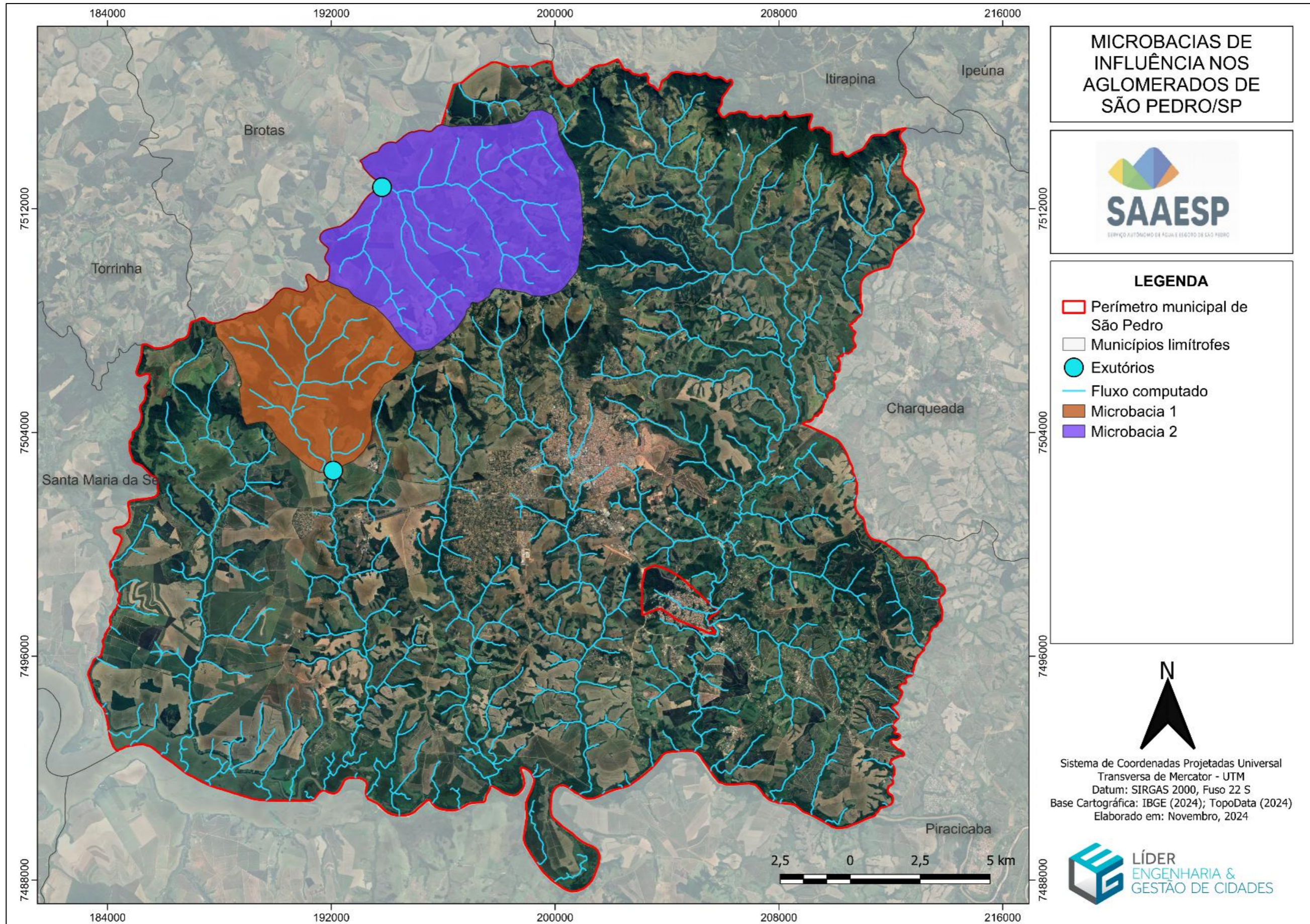
Fonte: TOPODATA, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Com o intuito de realizar o estudo de drenagem das águas pluviais das microbacias rurais de São Pedro, delimitaram-se as microbacias que possuem influência direta na zona rural do Município. Para delimitação das microbacias hidrográficas utilizou-se o software *Arc Hydro Tools*, uma extensão do software: *ESRI® Arc Map™ 10.5*. Nos próximos tópicos segue a análise detalhada para cada uma das microbacias identificadas.

A partir de processamentos do MDE da área correspondente ao perímetro municipal de São Pedro, obteve-se o fluxo de drenagem. O fluxo de drenagem refere-se ao padrão pelo qual a água escoar em uma determinada área. Esse conceito é frequentemente utilizado em geografia física e hidrologia para descrever a direção e a organização do movimento da água na paisagem. O fluxo de drenagem é influenciado pela topografia do terreno, sendo direcionado para áreas mais baixas.

Para ilustrar melhor a caracterização hidrográfica do município como um todo, apresenta-se, a seguir, o mapa das microbacias que exercem influência direta sobre os locais de aplicação dos questionários, acompanhado do fluxo hídrico computado para São Pedro.

Figura 97 - Microbacias de influência na zona rural do município de São Pedro



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

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

### 3.4.1.1. 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 Christofolletti (1974). Os dados secundários utilizados foram armazenados em ambiente SIG, onde foram feitos os cálculos, por meio de ferramentas estatísticas e de geoprocessamento, fazendo uso dos softwares: ESRI® *Arc Map*™ 10.5 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.

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 na Tabela 12.

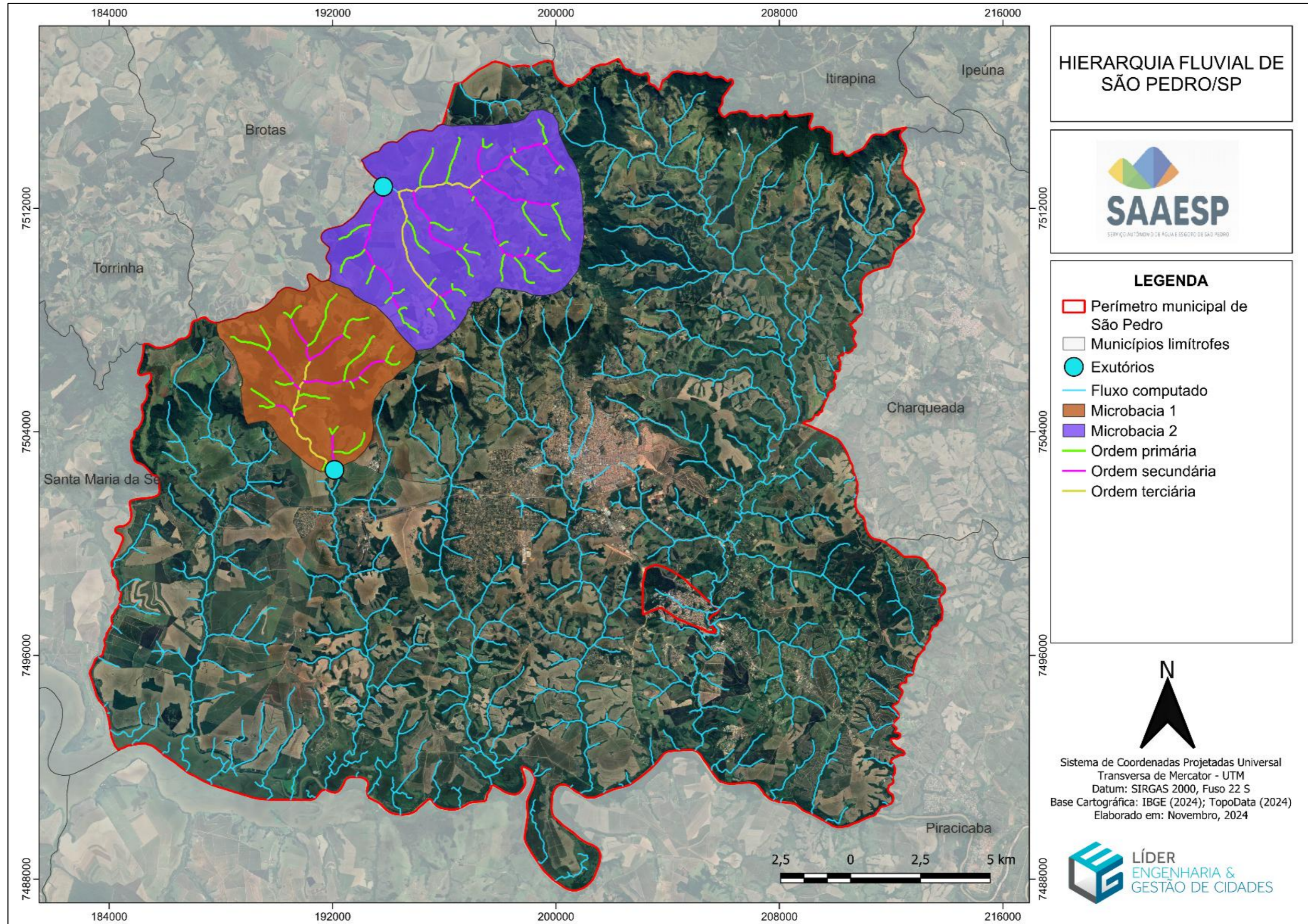
Tabela 12 - Hierarquia do fluxo de drenagem computado.

Hierarquia Fluvial			
Microbacias	Ordem	Quantidade	Extensão (km)
Microbacia 1	Primária	21	16,94
	Secundária	6	10,76
	Terciária	1	4,97
	Quaternária	-	-
Microbacia 2	Primária	36	25,87
	Secundária	8	21,18
	Terciária	2	7,64
	Quaternária	1	0,55

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Figura 98 representa a hierarquia fluvial das microbacias de influência na zona rural do município de São Pedro.

Figura 98 - Hierarquia fluvial.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.4.1.2. 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:

$$G_{cp} = H_{cp} / L_{cp}$$

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:

$$(\%) - G_{cp} = H_{cp} / L_{cp} * 100$$

- **Extensão do percurso superficial (km/km<sup>2</sup>) - Eps**

Representa a distância média percorrida pelas águas entre o interflúvio e o canal permanente. É obtido pela fórmula:

$$E_{ps} = 1 / 2 Dd$$

Sendo:

**Eps** = Extensão do percurso superficial (km/km<sup>2</sup>);

**1** = constante;

**2** = constante;

**Dd** = Valor da densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>).

### 3.4.1.3. 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.

- **Coefficiente 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 (km<sup>2</sup>).

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/km<sup>2</sup>) - Dh o Dh = Densidade hidrográfica;**

**N1** = Número de rios de 1<sup>a</sup> ordem;

**A** = Área da bacia (km<sup>2</sup>).

É a relação entre o número de segmentos de 1<sup>a</sup> 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/km<sup>2</sup>;

**Dh média** – de 5 a 20 rios/km<sup>2</sup>;

**Dh alta** – mais de 20 rios/km<sup>2</sup>.

• **Densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>) - Dd o Dd = Densidade de drenagem;**

**Lt** = Comprimento dos canais (km);

**A** = Área da bacia (km<sup>2</sup>).

É a relação entre o comprimento dos canais e a área da bacia. É obtida pela fórmula:

$$Dd = Lt/A$$

Segundo Villela & Mattos (1975), o índice varia de 0,5 km/km<sup>2</sup>, para bacias com pouca capacidade de drenagem, até 3,5 km/km<sup>2</sup> ou mais, para bacias, excepcionalmente, bem drenadas.

### 3.4.1.4. 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 de influência na zona rural do município de São Pedro, cujos dados estão expostos Tabela 13 .

**Tabela 13 – Dados extraídos das microbacias.**

INFORMAÇÕES ANALISADAS	bacia 1	bacia 2
Área da bacia - A (km <sup>2</sup> )	29,92	52,66
Perímetro da bacia - P (km)	22,71	31,71
Comprimento do Canal Principal - Lcp (km)	7,76	8,50
Altura do canal principal - Hcp (m)	350	94
Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	45,10	11,05
Extensão do Percorso Superficial - Eps (Km/Km <sup>2</sup> )	0,54	0,52
Comprimento da bacia - Lb (km)	6,99	7,55
Coefficiente de Compacidade (Fator de Forma) - Kc	1,16	1,22
Densidade Hidrográfica - Dh (rios/Km <sup>2</sup> )	0,70	0,68
Densidade Drenagem - Dd (Km/Km <sup>2</sup> )	1,09	1,04
Altura da bacia - Hb (m)	269	381

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A análise das duas microbacias apresenta condições distintas de escoamento, fundamentais para orientar o planejamento e as intervenções no saneamento rural de São Pedro. A Bacia 1, com uma área de 29,92 km<sup>2</sup>, destaca-se por possuir um gradiente do canal principal mais acentuado, de 45,10 m/km, o que indica maior velocidade no escoamento das águas, especialmente durante períodos de chuvas intensas. Além disso, sua densidade de drenagem, de 1,09 km/km<sup>2</sup>, revela uma maior capacidade de captar e direcionar o fluxo hídrico dentro de sua área.

Por outro lado, a Bacia 2, abrangendo uma área de 52,66 km<sup>2</sup>, apresenta um gradiente consideravelmente menor, de 11,05 m/km, o que favorece um escoamento mais lento, podendo resultar em maior acúmulo de água em áreas específicas. Sua densidade de drenagem, ligeiramente inferior, de 1,04 km/km<sup>2</sup>, reflete uma rede de drenagem menos densa em comparação à Bacia 1, o que pode impactar na eficiência de escoamento em períodos de chuvas intensas.

Essas diferenças são determinantes para a formulação de estratégias de manejo das águas pluviais, considerando as especificidades de cada microbacia e suas interações com as propriedades rurais.

### 3.4.2. Estudos Hidrológicos

Os Estudos Hidrológicos são essenciais para compreender o comportamento hídrico de uma bacia hidrográfica, permitindo a avaliação de sua capacidade de escoamento e o impacto das variáveis ambientais e geológicas que a influenciam. Por meio de análises matemáticas, esses estudos levam em consideração fatores como a alteração da cobertura vegetal, que afeta diretamente a infiltração e a retenção de água no solo, o tipo de solo e a geologia presentes, que determinam a permeabilidade e a capacidade de armazenamento hídrico.

Adicionalmente, a intensidade pluviométrica, ou seja, a quantidade e a frequência de chuvas, desempenha um papel essencial no comportamento da bacia, impactando a vazão dos cursos d'água e a suscetibilidade a inundações. Os resultados das análises morfométricas, como o gradiente do canal principal, a densidade de drenagem e a área da bacia, fornecem informações detalhadas sobre a dinâmica do escoamento, permitindo a identificação de áreas críticas e a formulação de estratégias de manejo adequadas.

### 3.4.2.1. 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 Tabela 14 apresenta os valores referentes ao Tempo de Concentração ( $T_c$ ) para as microbacias rurais de São Pedro.

**Tabela 14 - Tempo de Concentração para as microbacias rurais de São Pedro.**

Microbacias	L (Km)	$\Delta H$ (m)	$T_c$ (min)	$T_c$ (h)
1	7,76	350	63,709	1,062
2	8,5	94	117,408	1,957

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.4.2.2. Cobertura do Solo

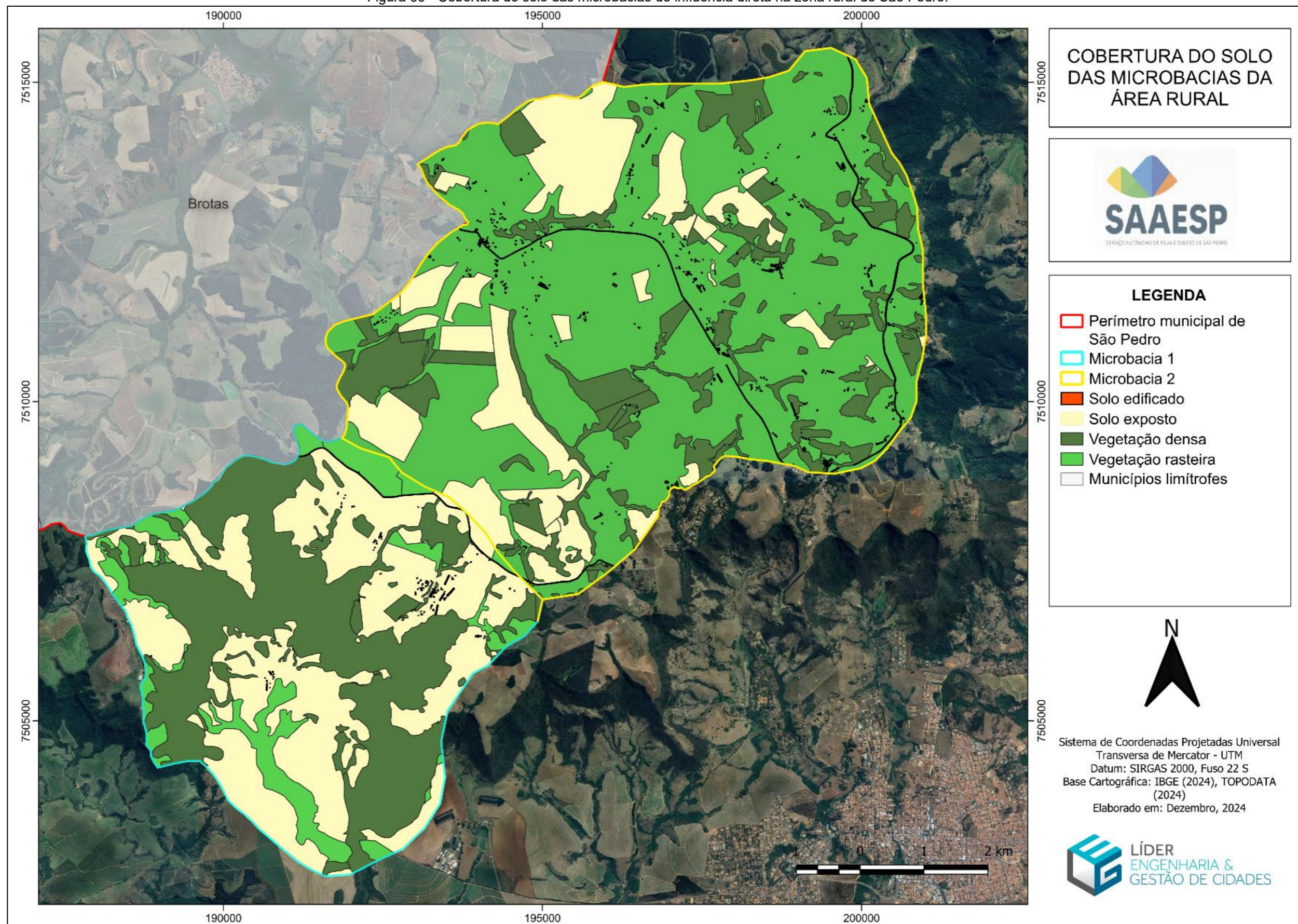
Neste ponto da análise, a imagem foi recortada para que abrangesse apenas as áreas das microbacias relevantes para o estudo hidrológico e que possuem influência direta e indireta na drenagem da área rural de São Pedro, sendo a imagem obtida pelo projeto TOPODATA, que apresenta resolução espacial de 30 metros. A classificação que se deu foi de forma supervisionada, identificando as fisionomias mais aparentes e o 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 quatro 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;

Em seguida, foram mapeadas e medidas as classes criadas para a classificação supervisionada, como podemos ver na Figura 99 e na Tabela 15 abaixo.

Figura 99 - Cobertura do solo das microbacias de influência direta na zona rural de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 15 - Classes de cobertura do solo das microbacias analisadas.

<b>Microbacia 1</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>): 29,92</b>	<b>Perímetro (km): 22,71</b>
	<b>Solo edificado (km<sup>2</sup>)</b>	0,06
	<b>Solo exposto (km<sup>2</sup>)</b>	13,10
	<b>Vegetação densa (km<sup>2</sup>)</b>	13,23
	<b>Vegetação rasteira (km<sup>2</sup>)</b>	3,53
<b>Microbacia 2</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>): 52,66</b>	<b>Perímetro (km): 31,71</b>
	<b>Solo edificado (km<sup>2</sup>)</b>	0,23
	<b>Solo exposto (km<sup>2</sup>)</b>	9,15
	<b>Vegetação densa (km<sup>2</sup>)</b>	9,25
	<b>Vegetação rasteira (km<sup>2</sup>)</b>	34,03

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A análise das microbacias rurais de São Pedro revela a importância da relação entre os tipos de cobertura do solo e o comportamento hidrológico de cada região. A classificação em solo edificado, solo exposto, vegetação densa e vegetação rasteira permite compreender como as características do solo influenciam diretamente a infiltração de água e o escoamento superficial, elementos cruciais para o planejamento hídrico e ambiental.

Na Microbacia 2, com sua ampla área total de 52,66 km<sup>2</sup>, destaca-se a predominância de áreas permeáveis, que abrangem 43,28 km<sup>2</sup>. Essa área é composta por 9,25 km<sup>2</sup> de vegetação densa e 34,03 km<sup>2</sup> de vegetação rasteira, elementos que contribuem significativamente para a recarga dos aquíferos e a retenção de água no solo, minimizando o escoamento superficial. Tais características tornam esta microbacia um recurso importante para a conservação hídrica e a prevenção de processos erosivos.

Por outro lado, a Microbacia 1, com uma área total de 29,92 km<sup>2</sup>, apresenta 16,76 km<sup>2</sup> de áreas permeáveis, sendo 13,23 km<sup>2</sup> de vegetação densa e 3,53 km<sup>2</sup> de vegetação rasteira. Apesar de sua menor área total, a microbacia possui 13,10 km<sup>2</sup> de solo exposto, uma característica que pode aumentar o risco de erosão e dificultar a infiltração de água. A presença de 0,06 km<sup>2</sup> de solo edificado contribui para a impermeabilização do terreno, embora em proporção reduzida.

### 3.4.2.3. 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 São Pedro, será utilizada a equação de chuvas intensas desenvolvida para o município através do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa. Com isso, é possível calcular pela seguinte equação.

$$i_{t,T} = 33,7895 (t+30)^{-0,8832} + 5,4415 (t+10)^{-0,8442} \cdot [-0,4885 - 0,9635 \ln \ln(T/T-1)]$$

sendo:

- i: intensidade da chuva, correspondente à duração **t** e período de retorno **T**, em mm/h;
- t: duração da chuva em minutos;
- T: período de retorno em anos.

Abaixo, a Tabela 16 traz valores para chuvas intensas calculadas para até 200 anos de período de retorno.

**Tabela 16 - Previsão de máximas intensidades de chuvas (mm/h).**

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	86,1	121,7	145,3	158,6	167,9	175,1	197,2	219,2	241,1
20	69,7	98,7	117,9	128,8	136,3	142,2	160,2	178,1	195,9
30	58,6	83,1	99,3	108,4	114,8	119,7	134,9	150,0	165,0
60	40,0	56,6	67,5	73,7	78,1	81,4	91,7	101,9	112,1
120	24,7	34,7	41,4	45,1	47,8	49,8	56,0	62,2	68,4
180	18,0	25,2	29,9	32,6	34,5	35,9	40,4	44,8	49,2
360	10,0	13,9	16,4	17,9	18,9	19,7	22,1	24,4	26,8
720	5,4	7,4	8,7	9,5	10,0	10,4	11,6	12,8	14,1
1080	3,7	5,1	6,0	6,5	6,8	7,1	7,9	8,7	9,5
1440	2,9	3,9	4,5	4,9	5,2	5,4	6,0	6,6	7,2

Fonte: Precipitações Intensas No Estado De São Paulo – DAAE, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A intensidade da precipitação indica a quantidade (altura) precipitada em determinado tempo. Já o conceito de período de retorno (TR) pode ser expresso como o “número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica igualada ou ultrapassada apenas uma vez” (NBR 10.844).

O tempo de duração de chuva foi adotado como sendo igual ao tempo de concentração da seção analisada da microbacia.

#### 3.4.2.4. 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, sendo realizado por procedimentos estatísticos. Já para o cálculo de vazão 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 km<sup>2</sup>.

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:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

sendo:

**Q** – Vazão de pico (m<sup>3</sup>/s);

**i** – intensidade máxima da chuva (mm/h);

**C** – Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

**A** – área de drenagem da bacia (km<sup>2</sup>).

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 microbacias.

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 km<sup>2</sup> ou 200 ha, como já citado, e que não disponham de série histórica de dados fluviométricos. Para bacias hidrográficas com áreas acima deste valor, existem outros métodos mais indicados, como o Método I-PAI-WU, sendo este que será utilizado neste estudo.

### 3.4.2.4.1. 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<sup>3</sup>/s);

**C** = coeficiente de deflúvio;

**I** = intensidade de precipitação (mm/h);

**A** = área da bacia (km<sup>2</sup>);

**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:

$$C = 2/1+F.C2/C1$$

sendo:

**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:

$$F = L/2.(A/\pi)^{1/2}$$

$$C1 = 4 / 2 + F$$

sendo:

**A** = Área da bacia contribuinte (km<sup>2</sup>) e

**L** = Comprimento do talvegue do curso d'água (km).

O Fator de Forma é dado como a razão entre a largura média da bacia e o comprimento no sentido axial dela. 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:

$$Ff = B/L$$

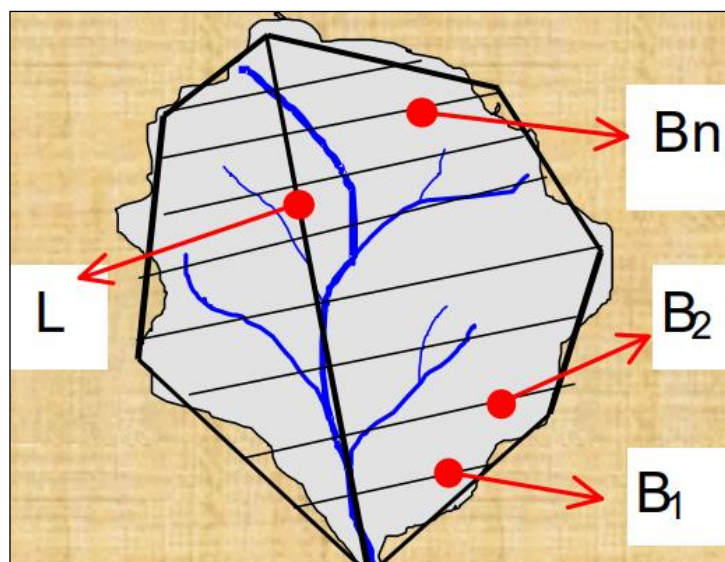
sendo:

L: comprimento da bacia

B: largura média, obtida pela fórmula:

$$B = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n B_i$$

Figura 100 - Determinação da largura média da bacia.



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

De acordo com o DAEE (2012) o coeficiente volumétrico de escoamento (C2) está relacionado com grau de impermeabilidade da superfície do solo. Podemos adotar o C2 de acordo com as características de cada microbacia utilizando a Tabela 17.

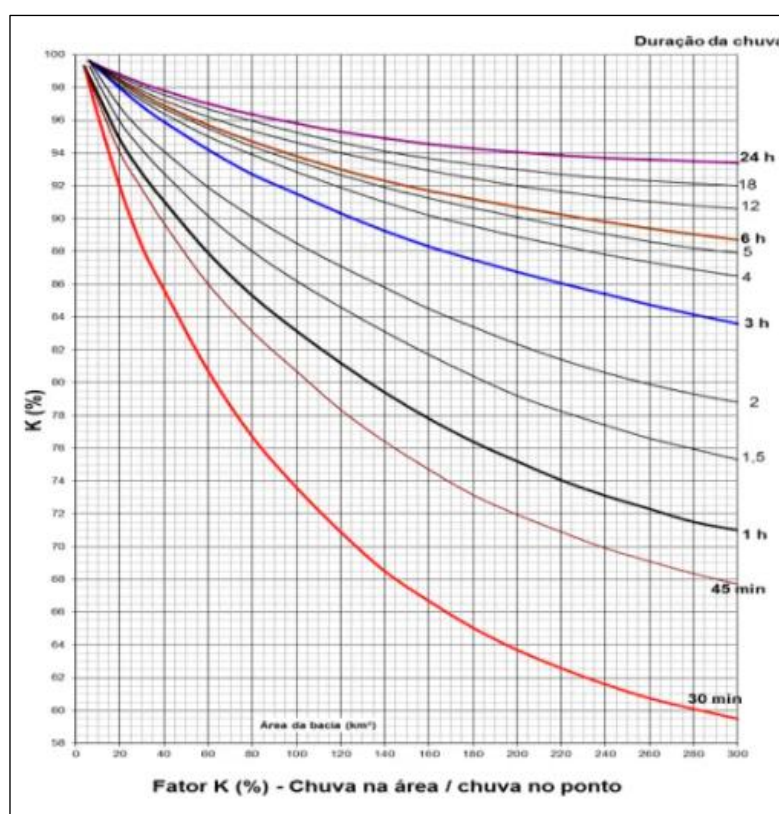
Tabela 17 - Valores para determinação de C2.

USO DO SOLO OU GRAU DE URBANIZAÇÃO	VALORES DE C	
	MÍNIMOS	MÁXIMOS
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos etc.	0,20	0,35

Fonte: DAAE, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O coeficiente de distribuição espacial da chuva, K, é em função do tempo de concentração das chuvas e da área de drenagem. Seu valor pode ser obtido através do gráfico a seguir extraído do manual “Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de I-Pai-Wu” (São Paulo, 1999).

Figura 101 – 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, 2024.

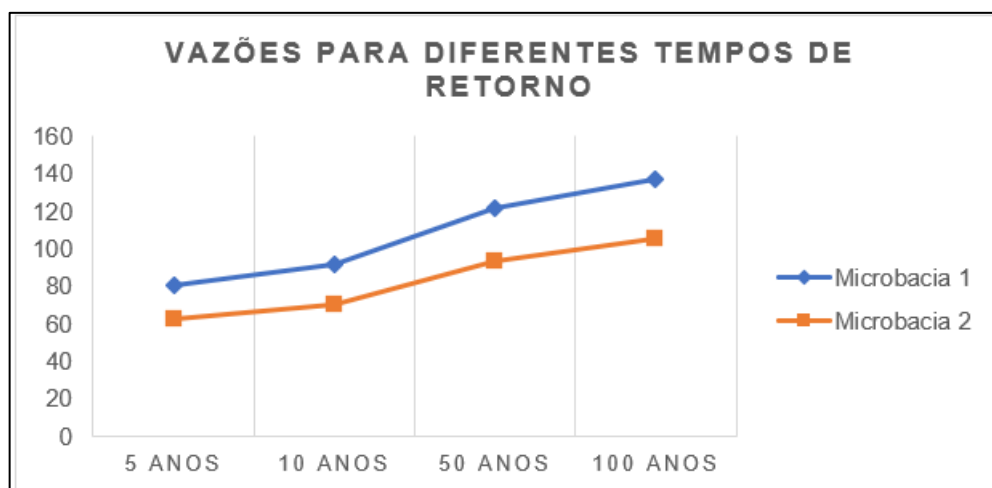
Neste sentido, a Tabela 18 e o Gráfico 42 a seguir demonstram as vazões estimadas pelo Método I-PAI-WU.

Tabela 18 - Vazões para diferentes Tempos de Retorno pelo Método I-PAI-WU.

Microbacia	Vazão de Projeto Método I-PAI-WU (m³/s)			
	5 Anos	10 Anos	50 Anos	100 Anos
1	80,99	91,50	121,47	137,22
2	62,44	70,55	93,64	105,78

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Gráfico 42 - Vazões de projeto (m³/s) das microbacias de influência na área rural de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.4.3. Unidades de Conservação e sua Influência sobre os Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais

A relevância das Unidades de Conservação (UCs) também se reflete diretamente na gestão das águas pluviais, um dos principais desafios enfrentados pelas áreas rurais e urbanas. Ao proteger ecossistemas naturais, essas áreas desempenham um papel crucial na regulação do ciclo hidrológico, favorecendo a infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial e mitigando os riscos associados a enchentes e erosões.

Nas zonas rurais, como em São Pedro, a presença de UCs ou áreas protegidas pode ser estratégica para a preservação de recursos hídricos e a manutenção da qualidade do solo. Florestas e vegetações densas em UCs funcionam como barreiras naturais, diminuindo a velocidade das águas pluviais e contribuindo para a recarga dos aquíferos. Além disso, essas áreas atuam na retenção de sedimentos, evitando que materiais carregados pelo escoamento impactem negativamente corpos d'água e a infraestrutura local.

A conectividade ecológica proporcionada pelas UCs também favorece a preservação de bacias hidrográficas, promovendo maior resiliência contra eventos climáticos extremos. Em longo prazo, os benefícios ambientais gerados por essas áreas protegidas, como a regulação térmica, a retenção de carbono e a manutenção da biodiversidade, fortalecem o equilíbrio ecológico necessário para o desenvolvimento sustentável.

Portanto, integrar a gestão das Unidades de Conservação às políticas locais de saneamento rural e manejo de recursos naturais é um passo essencial para garantir a proteção dos serviços ecossistêmicos, incluindo o gerenciamento eficiente das águas pluviais e o fortalecimento da sustentabilidade ambiental. Este modelo não apenas assegura a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras, como também contribui para o bem-estar da população atual.

#### **3.4.3.1. Descrição das Unidades de Conservação no Município de São Pedro**

No município de São Pedro, encontram-se, conforme o Cadastro Nacional das Unidades de Conservação (CNUC), três Unidades de Conservação (UCs) parcialmente localizadas em seu território. Essas áreas, enquadradas na categoria de Áreas de Proteção Ambiental (APAs), possuem relevância ecológica e estratégica para a proteção dos recursos naturais e serão exploradas detalhadamente ao longo deste capítulo.

##### **3.4.3.1.1. Área de Proteção Ambiental – Corumbataí, Botucatu e Tejuπά – Perímetro Botucatu**

Com uma área de 2.139,685 km<sup>2</sup>, a APA Corumbataí-Botucatu-Tejuπά - Perímetro Botucatu está situada na Serra de Botucatu, no reverso da cuesta basáltica, entre os rios Tietê e Paranapanema. O relevo das cuestas, uma das formações geológicas mais marcantes da região, resulta de processos erosivos contínuos que esculpem plataformas rochosas imponentes, contrastando com os vales suavemente ondulados ao redor. Ao Sul, a divisa com a represa de Jurumirim constitui não apenas um marco paisagístico, mas também um importante atrativo para o turismo regional.

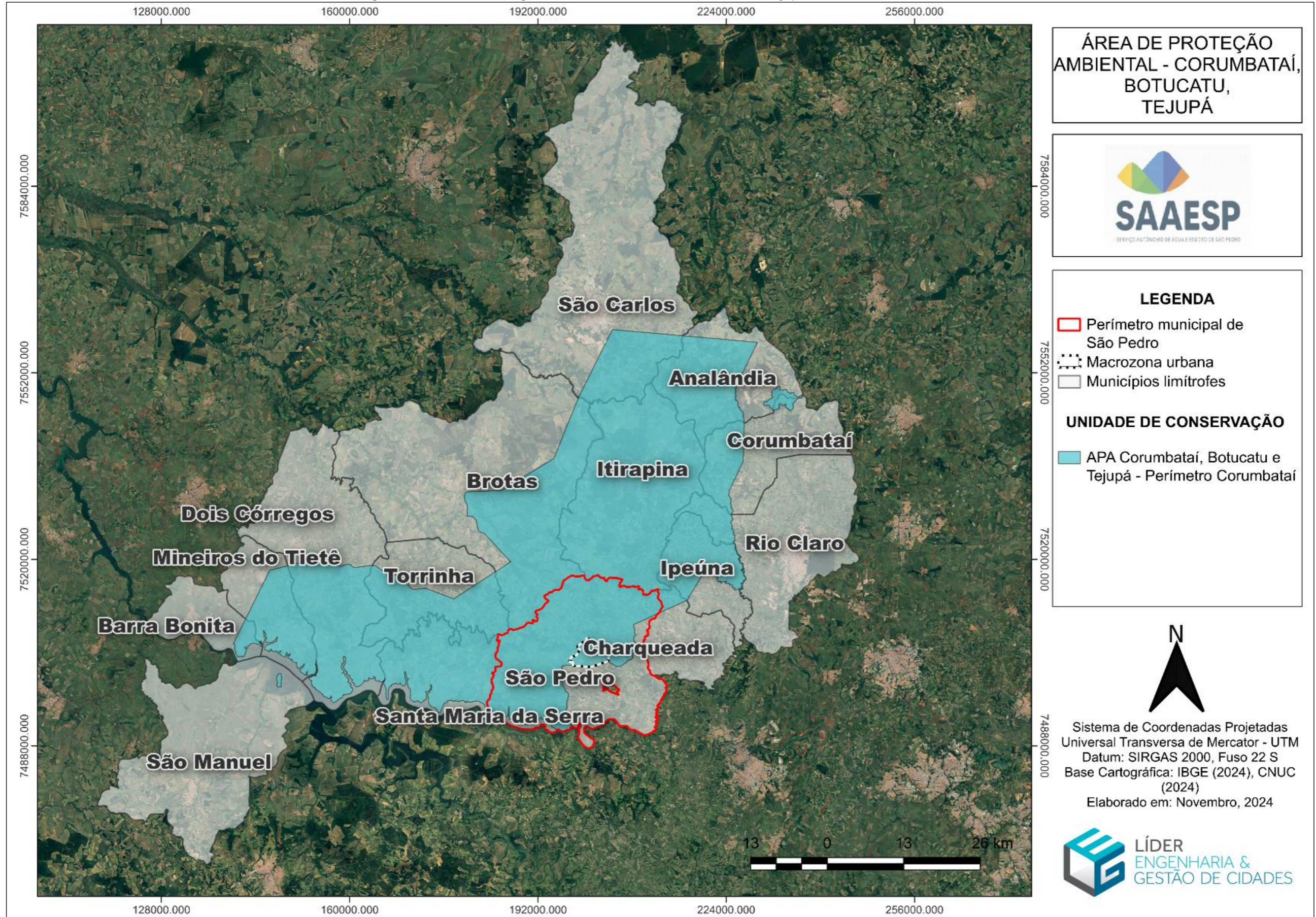
Essa APA abriga um dos sítios arqueológicos mais relevantes do estado de São Paulo: o Abrigo Barandi, com registros pré-históricos datados de cerca de 6.000 anos, o local é uma janela para o passado humano e evidencia o rico patrimônio cultural associado à área.

A biodiversidade da APA também é notável. Com 424 espécies de vertebrados catalogadas, destacam-se 66 mamíferos, 244 aves, 58 anfíbios e 56 répteis. Essa riqueza resulta da localização da unidade em uma zona de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica, o que proporciona uma elevada diversidade de habitats. Entre as espécies de maior destaque estão o muriqui e o sagui-da-serra-escuro, ambas ameaçadas de extinção e de grande relevância para os esforços de conservação.

A APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá desempenha, portanto, um papel fundamental na preservação da biodiversidade e do patrimônio cultural, ao mesmo tempo que impulsiona o turismo sustentável e fomenta a conexão entre a sociedade e o ambiente natural.

A Figura 102 apresenta a delimitação da APA Corumbataí, Botucatu e Tejupá – Perímetro Corumbataí, evidenciando os municípios que integram essa Unidade de Conservação.

Figura 102 - Área de Proteção Ambiental - Corumbataí, Botucatu e Tejupá – Perímetro Corumbataí.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.4.3.1.2. Área de Proteção Ambiental – Tanquã – Rio Piracicaba

A Área de Preservação Ambiental (APA) Tanquã-Rio Piracicaba, situada no bioma Cerrado, cobre uma área de 140,573 km<sup>2</sup>, equivalente a cerca de 14 mil campos de futebol. Criada em dezembro de 2018, essa unidade de conservação abrange os municípios de Anhembi, Botucatu, Dois Córregos, Piracicaba, Santa Maria da Serra e São Pedro. A região, conhecida como “pantaninho paulista”, destaca-se por sua planície de inundação próxima ao rio Piracicaba, cuja biodiversidade é notória, especialmente entre as aves aquáticas.

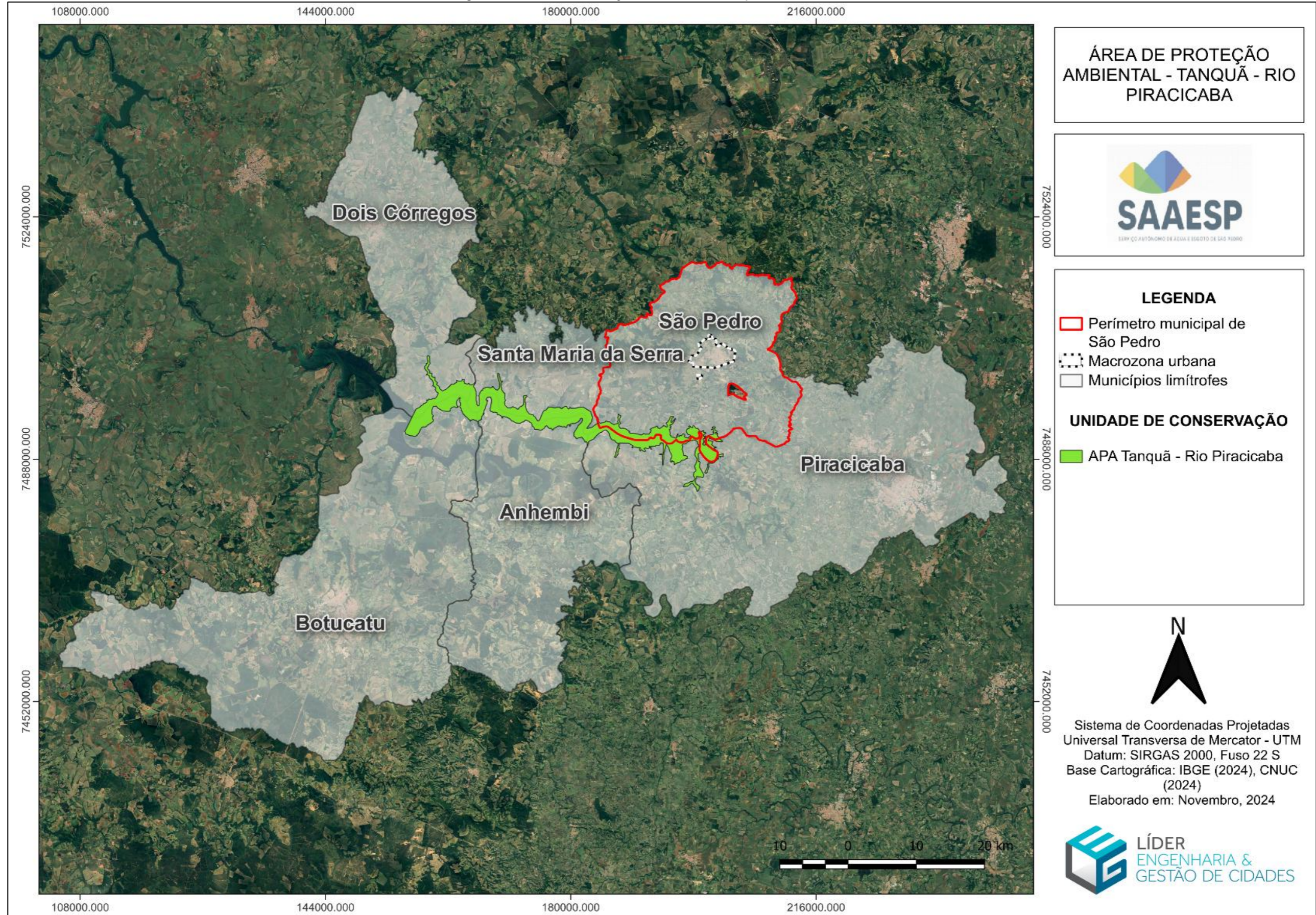
A instalação da barragem de Barra Bonita trouxe mais atenção à área, consolidando sua relevância ambiental. A APA Tanquã-Rio Piracicaba abriga 94 espécies de aves aquáticas, das quais 16 realizam movimentos migratórios e oito estão ameaçadas no estado de São Paulo. Além disso, espécies emblemáticas como a onça-parda, o lobo-guará, a jaguatirica e o jacaré-de-papo-amarelo, todas ameaçadas de extinção, têm sua sobrevivência diretamente ligada à conservação da área. Essa rica fauna ressalta a importância estratégica da APA para a manutenção da biodiversidade regional.

Entre os objetivos centrais da criação da APA estão a melhoria e a manutenção da qualidade da água, a conservação da biodiversidade aquática e da avifauna, além do fomento ao turismo sustentável. Esses esforços são fundamentais para equilibrar o desenvolvimento humano com a proteção dos ecossistemas locais, garantindo a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras.

Como um mosaico de biodiversidade, a APA Tanquã-Rio Piracicaba também desempenha um papel vital no enfrentamento das pressões ambientais que afetam o bioma Cerrado, reforçando a necessidade de políticas públicas e iniciativas de conservação que valorizem a integridade ecológica e promovam a convivência harmônica entre sociedade e natureza.

A seguir, a Figura 103 destaca os limites da Unidade de Conservação e os municípios abrangidos.

Figura 103 - Área de Proteção Ambiental – Tanquã – Rio Piracicaba.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.4.3.1.3. Área de Proteção Ambiental – Barreiro Rico

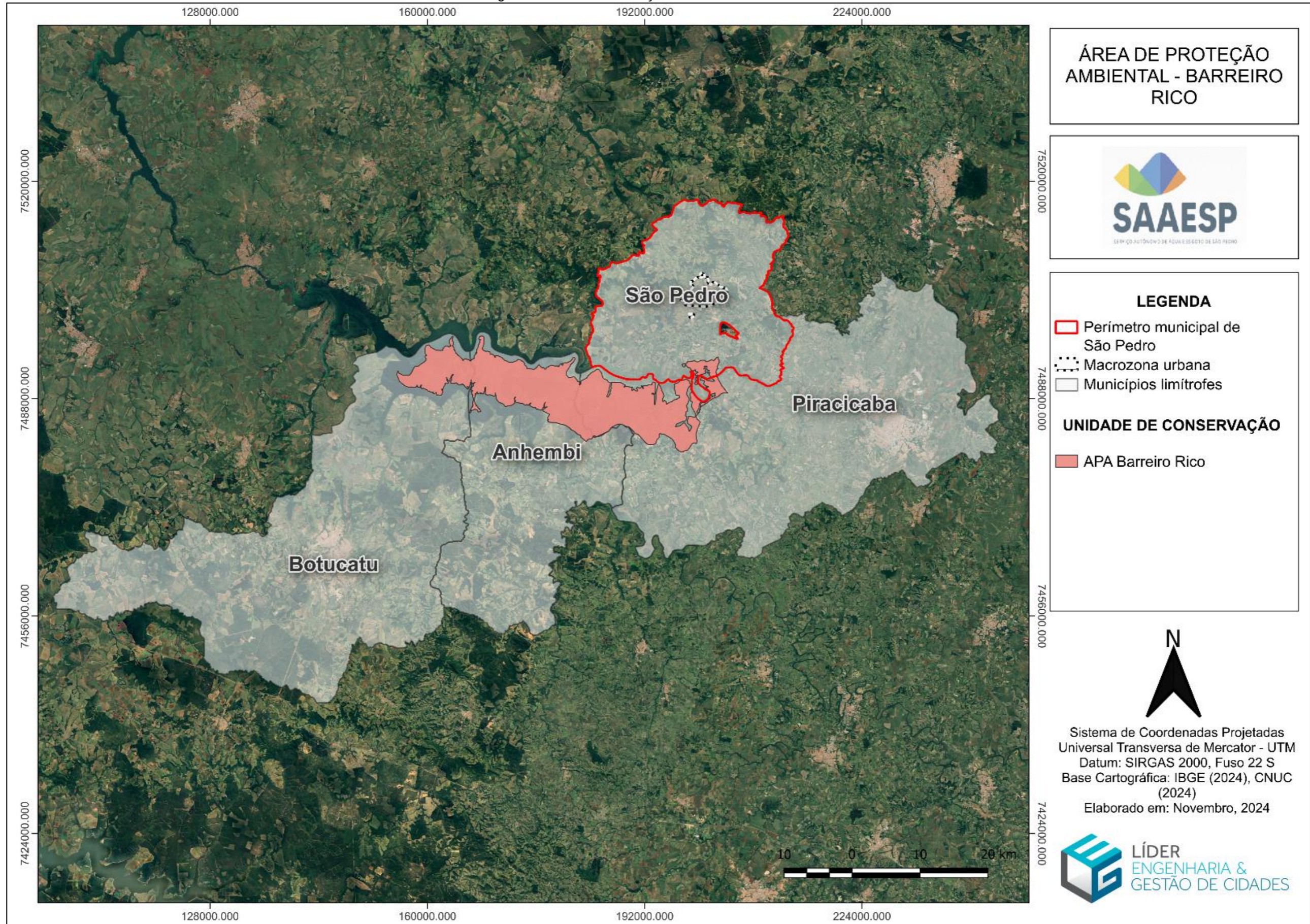
A Área de Preservação Ambiental Barreiro Rico, criada em dezembro de 2018, abrange expressivos 10.000 m<sup>2</sup>, distribuídos entre os municípios de Anhembi, Botucatu, Piracicaba e São Pedro. Essa unidade de conservação desempenha um papel essencial na proteção de importantes fragmentos remanescentes da Mata Atlântica, onde são preservadas espécies arbóreas nativas como canelas, ipês, perobas, jatobás e copaibas, pertencentes às matas da antiga Fazenda Barreiro Rico.

A fauna da APA é igualmente notável, com destaque para cinco das dez espécies de primatas encontradas no estado de São Paulo: o sagui-da-serra-escuro, o sauá, o bugio-ruivo, o macaco-prego e o miqui-do-sul, maior primata da América do Sul e criticamente ameaçado de extinção. Além disso, a área abriga uma rica avifauna e mamíferos emblemáticos, como veados-mateiros, lobos-guarás, tatus, macucos, raposinhas-do-campo, jaguatiricas e onças-pardas, reforçando sua relevância para a conservação da biodiversidade regional.

A APA Barreiro Rico protege também microbacias que drenam diretamente para o rio Piracicaba, o maior afluente em volume de água do rio Tietê. Essa proteção é especialmente significativa devido à localização da área sobre afloramentos do Aquífero Guarani, uma das maiores reservas de água subterrânea do mundo. A conservação desses corpos hídricos não apenas garante a integridade do ecossistema local, mas também contribui para o abastecimento e a segurança hídrica de uma vasta região.

A seguir, a Figura 104 destaca os limites da Unidade de Conservação e os municípios abrangidos.

Figura 104 - Área de Proteção Ambiental – Barreiro Rico.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.5. Drenagem das Águas Pluviais Associada às Estradas Rurais

A inadequação no manejo das águas pluviais nas estradas rurais de São Pedro tem gerado graves problemas, principalmente no que se refere à erosão e ao comprometimento da estrutura das vias. A falta de drenagem eficiente contribui para o desgaste acelerado das estradas, com o acúmulo de água que resulta em deslizamentos de terra e o afundamento de partes da via. Esses danos afetam diretamente a segurança e a funcionalidade das estradas, tornando o transporte mais arriscado e dificultando o acesso às propriedades rurais.

Para minimizar os efeitos imediatos da erosão e evitar danos maiores, foi utilizado cascalho em algumas áreas das estradas. A aplicação desse material tem ajudado a estabilizar a superfície e a reduzir a formação de buracos, criando uma camada protetora contra o impacto direto da água da chuva. No entanto, essa medida, embora útil a curto prazo, não resolve o problema de forma definitiva, sendo necessário um plano de drenagem adequado e a implementação de soluções estruturais para evitar o agravamento das condições das estradas rurais.

Figura 105 – Erosão em São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 106 – a) Pedras utilizadas para o melhoramento da via carreadas pela água da chuva.



b)



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 107 - Estrutura da ponte danificada.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 108 - Força da água erodindo o barranco.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

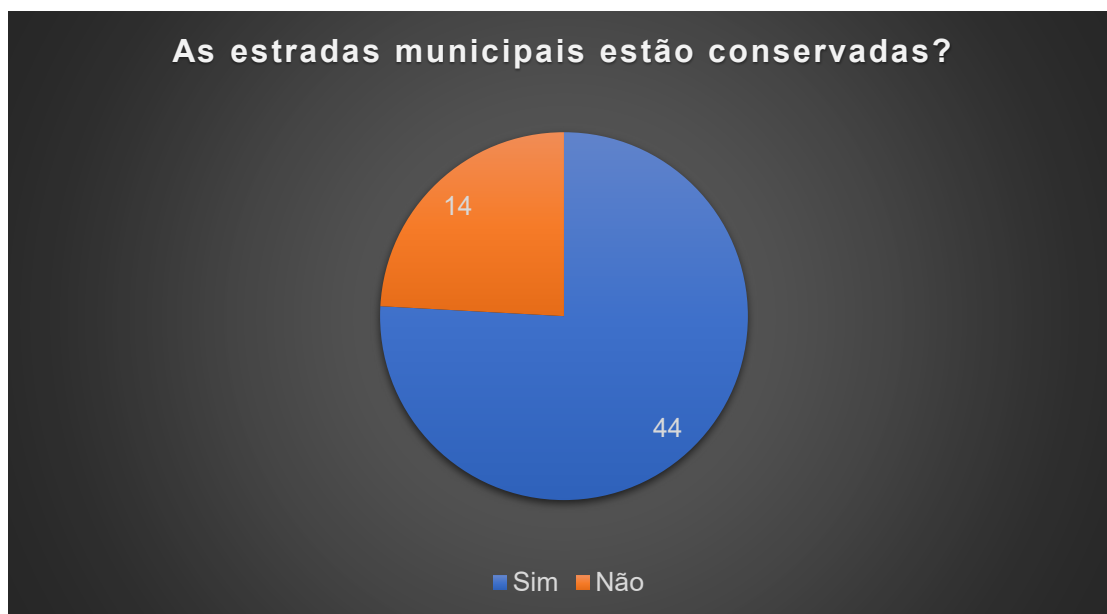
A percepção dos moradores da zona rural de São Pedro sobre o estado de conservação das estradas municipais reflete um cenário com desafios e oportunidades. Como demonstra o Gráfico 43, a maioria das propriedades, totalizando 44 respostas, avalia as estradas como estando em bom estado de conservação, 14 apontam problemas relacionados à má conservação de algumas vias. Esses dados destacam a necessidade de ações direcionadas para manutenção e melhoria das estradas rurais, especialmente nas áreas identificadas como críticas.

Os problemas apontados, como má conservação, podem estar diretamente ligados à ausência de sistemas adequados de drenagem e manejo das águas pluviais, conforme descrito anteriormente. Estradas em mau estado podem se tornar intransitáveis em períodos de chuvas intensas, impactando negativamente o transporte de pessoas, mercadorias e insumos essenciais para a atividade agrícola, que é predominante na região rural.

Portanto, é imprescindível que a gestão pública invista em ações voltadas à readequação e à manutenção das estradas, com foco em estratégias que considerem os critérios de traçado e declividade, como o seguimento das curvas de nível, a instalação de bueiros e canaletas, e a revegetação das margens das vias. Essas práticas não apenas minimizam os impactos da erosão e do escoamento superficial, mas também promovem a longevidade e a funcionalidade das estradas rurais.

Ademais, o engajamento da comunidade local é essencial para identificar as prioridades e garantir que as intervenções atendam às reais necessidades das propriedades. Com isso, é possível fortalecer a infraestrutura viária rural de São Pedro, garantindo acessibilidade e contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região.

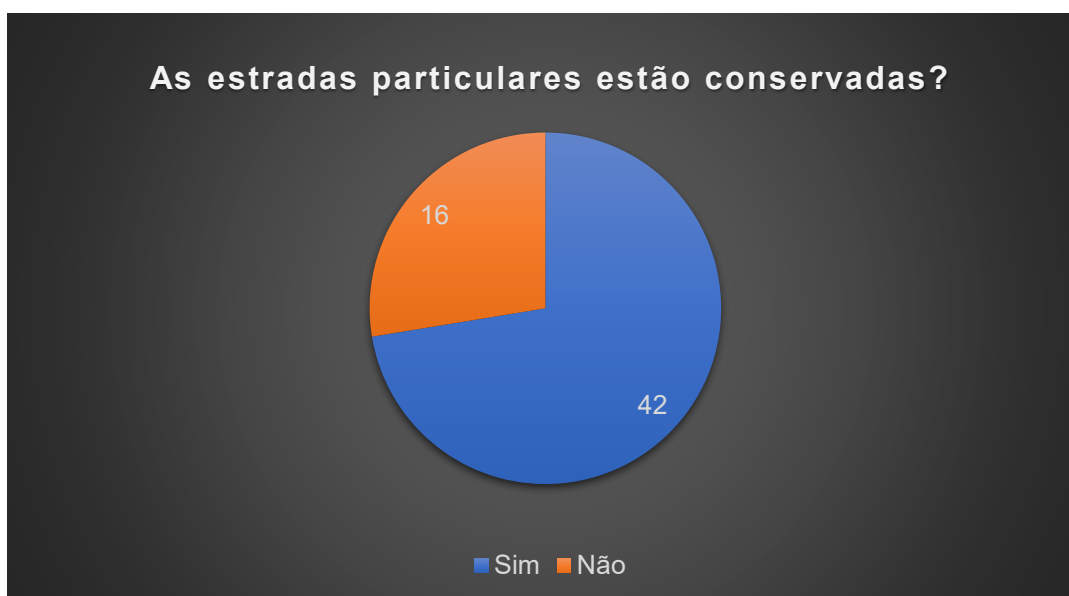
Gráfico 43 - Estado de conservação das estradas municipais de acordo com os municípios.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

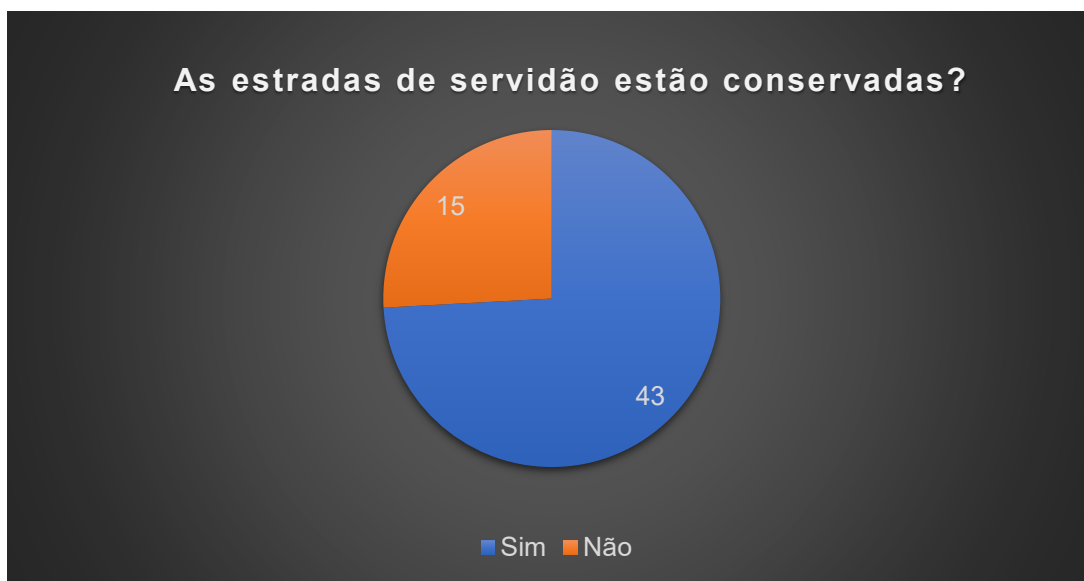
O questionamento também foi dividido para as estradas particulares e as de servidão. Desse modo, descobriu-se que 43 propriedades rurais amostradas consideram que as estradas particulares estão conservadas e 54 propriedades apontaram que as de servidão são conservadas. O Gráfico 44 e o Gráfico 45 ilustram o discutido acima.

Gráfico 44 – Estado de conservação das estradas particulares de acordo com os municípios.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Gráfico 45 – Estado de conservação das estradas de servidão de acordo com os munícipes.

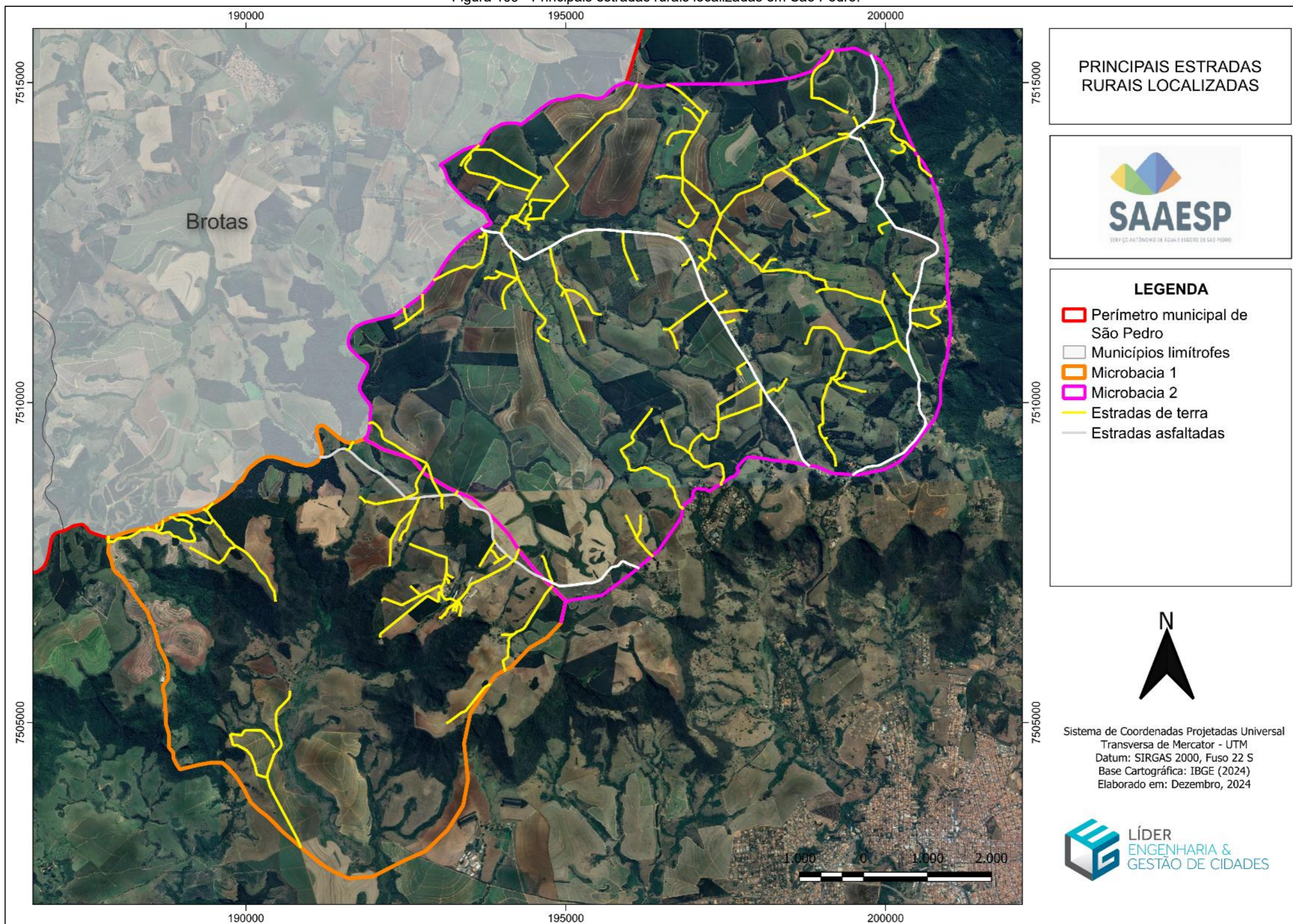


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Gráfico 45 demonstra que, entre as 58 propriedades rurais amostradas no município de São Pedro, 15 apontaram a precariedade na conservação das estradas de servidão. Essa situação reforça a relevância de manter as vias rurais em boas condições, seja por meio de conservação adequada ou pavimentação, especialmente aquelas de maior importância para o município. Em São Pedro, onde o turismo desempenha um papel estratégico no desenvolvimento regional, a infraestrutura viária rural não apenas facilita a mobilidade local, mas também contribui diretamente para a valorização turística da região.

Nesse sentido, foram selecionadas algumas estradas rurais que se destacam por se localizarem nos divisores de águas das microbacias da área rural do município. Essa posição geográfica aumenta a suscetibilidade dessas vias aos efeitos das águas pluviais, intensificando os danos causados pelo escoamento superficial. Tal vulnerabilidade exige um olhar técnico mais apurado, direcionado ao desenvolvimento de soluções eficazes para mitigar os impactos ambientais e preservar a funcionalidade das estradas, promovendo um equilíbrio entre o uso sustentável e a manutenção da qualidade de vida nas comunidades rurais.

Figura 109 - Principais estradas rurais localizadas em São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

### 3.6. Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

A gestão sustentável dos recursos hídricos é uma preocupação crescente em todo o mundo, impulsionada pela necessidade de conservação e pela busca por alternativas ecologicamente responsáveis. Nesse contexto, os métodos de aproveitamento de águas pluviais desempenham um papel essencial na promoção da sustentabilidade hídrica (Oliveira e Sousa Pereira, 2023).

Os métodos de aproveitamento de águas pluviais referem-se à captação, armazenamento, tratamento (caso necessário, dependendo do tipo de uso futuro) e reutilização da água proveniente das chuvas. Essa prática visa reduzir a dependência de fontes convencionais de água, contribuindo para a preservação desses recursos e a mitigação dos impactos ambientais (Oliveira e Sousa Pereira, 2023).

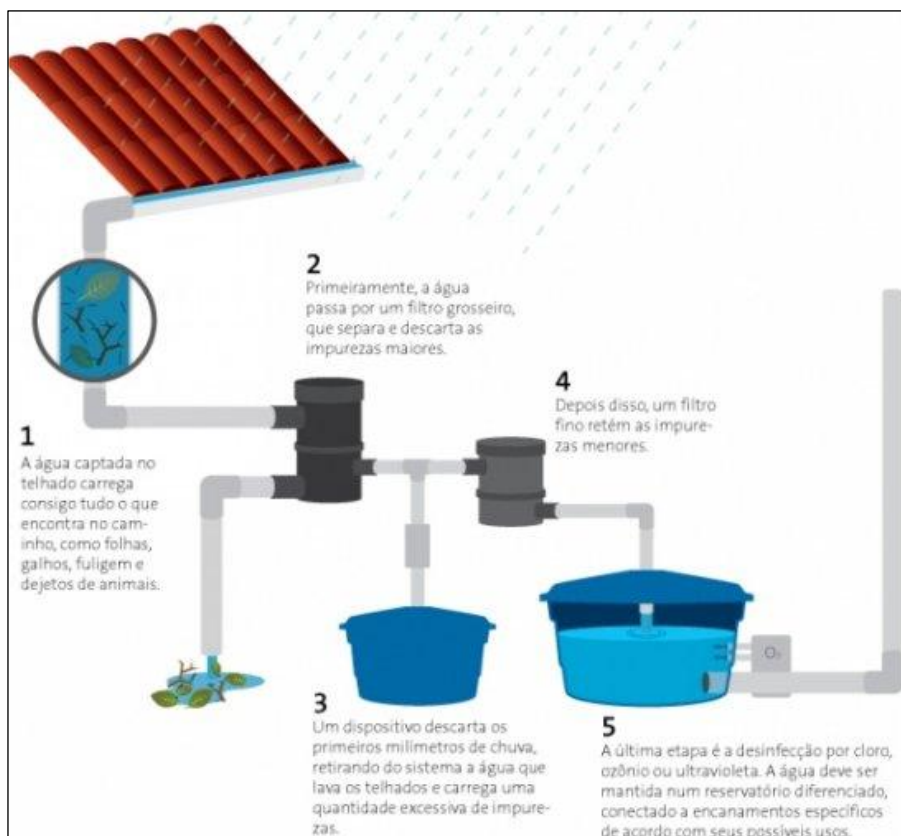
O Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais, conhecido como Programa Cisternas, foi estabelecido em 2003 e recebeu financiamento do antigo Ministério do Desenvolvimento Social (MDS). Este programa, regulamentado pela Lei Nº 12.873/2013, tem como principal objetivo facilitar o acesso à água para consumo humano e produção de alimentos no meio rural.

Além disso, o Programa Cisternas visa promover práticas sustentáveis por meio da implementação de tecnologias sociais simples e de baixo custo. Essas tecnologias incluem a instalação de cisternas para captação de água de chuva, beneficiando comunidades que muitas vezes enfrentam desafios no acesso a fontes convencionais de água.

A legislação que respalda o Programa Cisternas destaca a importância de ações que visem não apenas suprir as necessidades básicas de água, mas também promover a segurança hídrica e a agricultura sustentável. O Programa Cisternas, representa, assim, uma iniciativa abrangente que contribui para a melhoria da qualidade de vida nas áreas rurais, além de fortalecer a resiliência das comunidades diante de desafios ambientais e climáticos.

Abaixo seguem exemplos de métodos de aproveitamento das águas pluviais que apresentam potencial de utilização no meio rural.

Figura 110 - Modelo esquemático de telhado coletor de águas pluviais.



Fonte: Fonseca e Menezes Filho, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 111 - Cisterna de superfície para armazenamento de águas pluviais.



Fonte: Comissão de Meio Ambiente – CMA, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 112 – Sistema de irrigação de culturas agrícolas por gotejamento utilizando águas pluviais.



Fonte: Klaus Bernardino, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Nos contextos rurais, a gestão eficiente dos recursos hídricos é essencial para promover a sustentabilidade ambiental e assegurar o fornecimento adequado de água para as atividades agrícolas e as comunidades locais. Nesse cenário, os métodos de aproveitamento de águas pluviais destacam-se como soluções inovadoras e sustentáveis, contribuindo para um uso mais responsável dos recursos naturais.

Conforme já mencionado, 30 propriedades rurais cultivam hortaliças ou outras plantações, o que reforça a relevância do aproveitamento de águas pluviais para a irrigação. Apesar disso, a adesão a esses sistemas ainda é limitada, embora essa prática sustentável reduza os custos de produção e favoreça métodos de cultivo mais ecológicos.

### 3.7. 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, 1990; Morgan, 2005; Wishmeier e Smith, 1978).

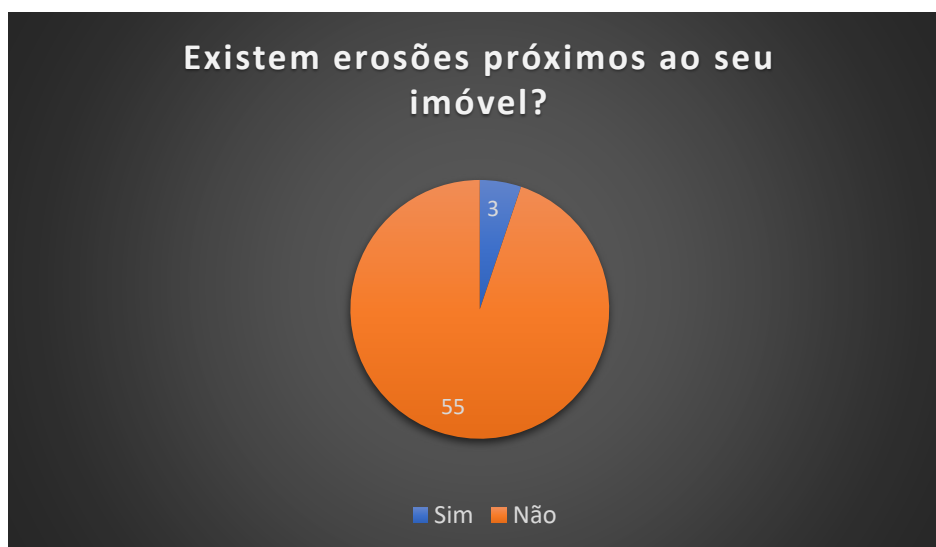
Esses agentes agem na superfície terrestre quebrando as partículas de solo dispersando-as para regiões diferentes dos locais de origem, sendo que esse processo pode ser acelerado pela ação antrópica por meio de práticas de uso e manejos inapropriados.

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 um 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).

Em relação a zona rural de São Pedro, de acordo com informações do Questionário aplicado, apenas 3 propriedades identificaram pontos de erosões próximos, como exposto pelo Gráfico 46, em muitos desses casos, o entrevistado ressaltou que os processos erosivos estavam atrelados as estradas e acessos rurais sem pavimentação, que em casos de chuvas mais fortes, agravam a situação.

Gráfico 46 - Identificação de pontos de erosão próximos às propriedades rurais de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Neste contexto, o processo erosivo causado por intemperismo hídrico é responsável pela formação de ravinas e voçorocas. A ravina é caracterizada pela formação de uma vala profunda e estreita que é moldada pela erosão da água. As ravinas são normalmente encontradas em áreas montanhosas ou com muita chuva. A água da chuva corre, levando consigo terra e detritos. Isso pode causar a formação de ravinas maiores e mais profundas (Franco, 2015).

Figura 113 - Exemplo de ravinas.



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

Enquanto as voçorocas são normalmente encontradas em áreas com solos frágeis e muita chuva. A água da chuva corre pelas voçorocas, levando consigo grandes quantidades de terra e detritos. Isso pode causar a formação de voçorocas muito grandes e profundas, onde em níveis mais avançados do processo erosivo pode comprometer construções e estradas (Silva Marques *et al.*, 2020). Conforme demonstrado Figura 114.

Figura 114 - Exemplo de voçoroca.



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

Durante a coleta de informações realizadas com os moradores do município de São Pedro, foi constatado que não há relatos sobre a ocorrência de formação de ravinas e voçorocas ao redor de suas propriedades. Essa ausência de registro indica que, ao menos sob a percepção dos residentes, esses processos erosivos não representam um problema significativo nas áreas analisadas.

### **3.8. Análise Crítica do Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais**

A seguir, serão descritos os principais problemas relacionados ao sistema de drenagem das águas pluviais da zona rural de São Pedro, os quais embasarão as soluções propostas no Prognóstico.

- Falta de manutenção por parte do Poder Público das vias rurais do município, incluindo a falta de interesse em pavimentar as principais vias rurais do município;
- Ocorrência de alagamentos próximos às propriedades entrevistadas;
- Ocorrência de pontes com manutenção inadequada;
- Durante a aplicação dos questionários, foram registradas diversas queixas dos moradores sobre a ocorrência de processos erosivos nas estradas e acessos rurais, especialmente em períodos de chuvas intensas.
- Foram identificados no município um programa e um projeto para o controle de erosão, entretanto, não foram encontradas informações com o Poder Público acerca do andamento dos mesmos.

#### 4. PROGNÓSTICO, OBJETIVOS E METAS

Nos tópicos a seguir, serão apresentadas as possibilidades estratégicas para cada eixo do saneamento, incluindo possíveis soluções para as problemáticas identificadas no diagnóstico e o planejamento necessário para os serviços de saneamento rural. O planejamento considera tanto as características específicas do município quanto sua vocação para o turismo rural e as aspirações sociais identificadas na fase anterior.

Destacam-se, principalmente, questões como a falta de informações sobre o tratamento de água, o descarte inadequado de resíduos sólidos, o elevado número de fossas rudimentares e a ausência de manutenção adequada nas estradas rurais. Outros pontos relevantes, identificados no diagnóstico, serão detalhados ao longo do texto.

As tabelas fornecem a base para os objetivos, fundamentados no diagnóstico, além de métodos para acompanhar as metas propostas, com indicadores claros para avaliar seu cumprimento e estado de implementação. Também incluem a programação para implantação de programas, projetos e ações em curto, médio e longo prazos, com identificação das fontes de recursos financeiros necessários para sua execução.

Ressalta-se que os objetivos, metas, programas, projetos e ações apresentados foram desenvolvidos considerando as proporções e porcentagens obtidas nas análises dos dados coletados por meio dos questionários, proporcionalmente ao total de propriedades rurais identificadas no município de São Pedro.

**Tabela 19 – Dados das propriedades rurais para realização dos cálculos de investimentos.**

Dado	Quantidade
Questionários aplicados	58

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

##### 4.1. Sistema de Abastecimento de Água - SAA

A gestão eficiente do abastecimento de água na zona rural é essencial para melhorar a qualidade de vida e garantir a sustentabilidade das propriedades rurais. No

município de São Pedro, a adequação estrutural e o tratamento da água nos pontos de captação, tanto superficiais quanto subterrâneos, são prioridades para atender às necessidades das comunidades rurais. Essas ações visam garantir o acesso constante a uma fonte segura e potável, beneficiando diretamente a saúde e o bem-estar dos moradores.

A projeção demográfica para a população rural de São Pedro aponta um cenário de decréscimo, indicando que não há expectativa de aumento populacional significativo nessas áreas. Portanto, a prioridade deve ser melhorar os pontos de captação existentes, garantindo que funcionem de maneira eficiente e segura. As ações deverão focar na manutenção regular dos poços, no tratamento adequado da água captada e na perfuração de poços com distância segura de possíveis fontes de contaminação, como por exemplo fossas rudimentares.

Essa conclusão baseia-se na análise da tendência de crescimento populacional nas áreas urbana e rural do município. Conforme o Produto 4 deste PMSR, os pontos de captação são predominantemente de uso exclusivo, atendendo às demandas específicas de cada propriedade.

Na área de transição, a demanda por água depende da classificação do imóvel: se for considerado rural, a demanda será autossuficiente; se for considerado urbano, estará sujeito ao Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), e não ao PMSR.

Por fim, é fundamental garantir a manutenção da infraestrutura existente, assegurando um fornecimento constante e eficiente de água para as comunidades rurais, mesmo diante das mudanças demográficas previstas. Essa abordagem contribui para a gestão sustentável dos recursos hídricos, promovendo o uso racional e eficaz dos sistemas de abastecimento.

#### 4.2. Projeção de Demanda

O estudo de demanda de vazões para os sistemas de abastecimento de água tem como principal objetivo apontar uma perspectiva da variação da demanda de consumo de água para a área rural do município. Este estudo estabelece a estrutura de análise comparativa entre a capacidade atual e futura de produção de água dos sistemas utilizados pela população rural de São Pedro.

Para tanto, foi considerado o volume anual de água das outorgas ativas para o ano de 2024 de acordo com o DAEE e a média de consumo de água por habitante no país disponibilizado pelo SNIS.

A média de consumo de água por habitante no país, disponibilizado pelo SNIS, foi utilizada para complementar os dados referentes as propriedades rurais do município de São Pedro que não possuem, ou são dispensadas de outorgas devido ao baixo consumo de água. Mas, no montante são significativos.

Desta forma, foram calculadas as demandas de vazão média, máxima diária e o volume consumido no dia de maior consumo, a partir da estimativa populacional, do consumo *per capita* em relação ao volume anual de água outorgada e, a média de consumo de água por habitante no país disponibilizado pelo SNIS. Para a determinação da vazão média é utilizada a seguinte expressão:

$$Q_{méd} = \frac{P \cdot C}{86400}$$

sendo:

$Q_{méd}$  = Vazão Média (L/s);

P = População rural Inicial e Final;

C = Consumo *per capita* (L/hab. dia).

A vazão máxima diária é obtida com aplicação da seguinte fórmula:

$$Q_{maxd} = Q_{med} \cdot k1$$

sendo:

$Q_{maxd}$  = 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.

$$Q_{maxh} = Q_{maxd} \cdot k_2$$

sendo:

$Q_{maxh}$  = Vazão máxima horária (L/s);

$k_2$  = Coeficiente da hora de maior consumo;

$Q_{maxd}$  = Vazão máxima diária.

Adotou-se para o estudo em questão  $k_2$  igual a 1,50.

A quota *per capita* refere-se ao consumo *per capita* adicionado às perdas, sendo sua fórmula a que segue:

$$C = CPC / \left(1 - \frac{IPD}{100}\right)$$

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 de toda a população rural de São Pedro em um horizonte de vinte anos, utilizando os dados disponibilizados pelo DAEE e a média de consumo de água por habitante no país, disponibilizado pelo SNIS, juntamente com a curva de demanda de água ao longo deste período.

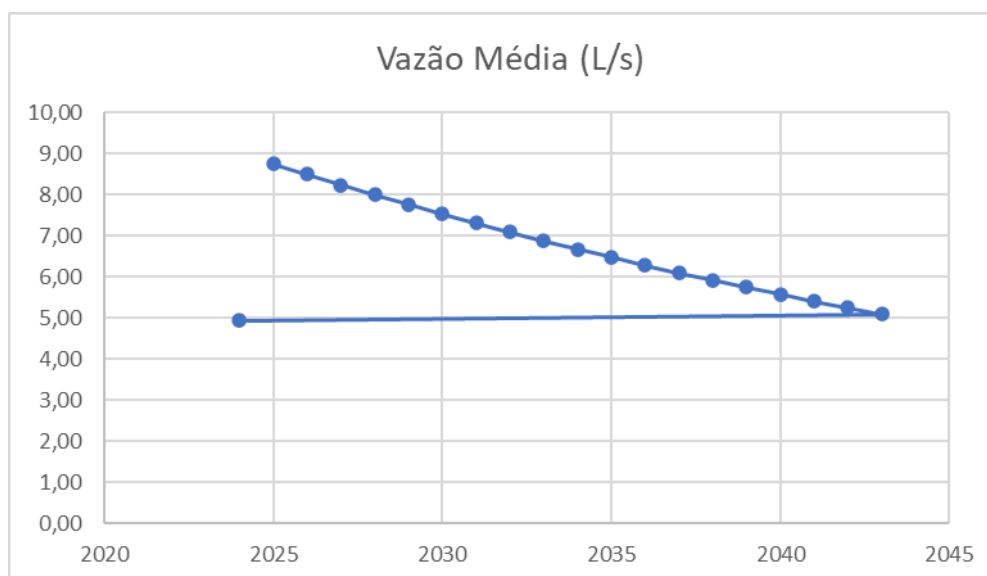
**Tabela 20 - Demandas para o Sistema de Abastecimento de Água.**

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³)
2025	4.476	8,76	10,51	908,11
2026	4.343	8,50	10,20	881,13
2027	4.214	8,25	9,90	854,95
2028	4.089	8,00	9,60	829,59
2029	3.968	7,76	9,32	805,04
2030	3.850	7,53	9,04	781,10

2031	3.735	7,31	8,77	757,77
2032	3.624	7,09	8,51	735,25
2033	3.517	6,88	8,26	713,54
2034	3.412	6,68	8,01	692,24
2035	3.311	6,48	7,77	671,75
2036	3.213	6,29	7,54	651,87
2037	3.117	6,10	7,32	632,39
2038	3.025	5,92	7,10	613,72
2039	2.935	5,74	6,89	595,46
2040	2.848	5,57	6,69	577,81
2041	2.763	5,41	6,49	560,57
2042	2.681	5,25	6,30	543,93
2043	2.601	5,09	6,11	527,70
2044	2.524	4,94	5,93	512,08

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

**Gráfico 47 - Vazão média L/s para toda a população rural.**



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Com base na projeção demográfica elaborada para toda a população rural de São Pedro, observa-se uma tendência de redução na demanda hídrica ao longo dos anos. Contudo, como destacado na fase de Diagnóstico, o município de São Pedro configura-se como um relevante destino turístico, especialmente em suas áreas rurais,

o que demanda uma estratégia de preparo e infraestrutura para lidar com o incremento da população flutuante em determinados períodos do ano.

#### **4.2.1. Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada**

Para a área rural de São Pedro propõem-se uma adequação dos pontos de captação superficial e subterrânea, através de projetos básicos de proteção, como cercamentos e sinalização dos sistemas de reserva existentes nas propriedades, sejam elas compartilhadas ou não.

Visando promover a saúde da população rural, recomenda-se que sejam realizadas análises da água consumida pelo menos de forma trimestral, de forma a prevenir a ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

#### **4.2.2. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Abastecimento de Água**

Os objetivos, programas, projetos e ações para atingir a qualidade dos serviços relacionados ao sistema de captação e abastecimento de água em áreas rurais do município de São Pedro foram elencados em tabelas sínteses, de acordo com seu setor e objetivo.

##### **4.2.2.1. Objetivo 1 – Implementar Medidas de Proteção para Nascentes e Garantir a Segurança Hídrica.**

A captação de água das nascentes sem a devida proteção é uma preocupação crescente em diversas propriedades rurais de São Pedro, especialmente nos aglomerados Rosa de Saron, Bar do Neguinho, Estrada do Palmital e Bairro dos Veronezes. Sem caixas de alvenaria ou outros sistemas de proteção, essas fontes hídricas ficam expostas à contaminação, representando um grave risco à saúde das comunidades rurais, incluindo o aumento da incidência de doenças de veiculação hídrica.

Este plano tem como objetivo implementar medidas eficazes para garantir que todas as propriedades que captam água superficialmente adotem práticas de proteções adequadas, prevenindo a contaminação das nascentes. A ação inicial será

através de campanhas educativas, visando informar os proprietários rurais sobre os riscos à saúde associados à captação inadequada de água e a importância de proteger as nascentes.

Com base na conscientização e no entendimento da necessidade de proteção, será estabelecido um cronograma para a construção de caixas de alvenaria ou outras formas de proteção ao redor das nascentes, conforme a legislação vigente. Além disso, será implantado um programa de monitoramento contínuo para avaliar a qualidade da água nas propriedades, garantindo que as proteções instaladas estejam funcionando de forma eficaz e corrigindo eventuais falhas.

É responsabilidade do SAAESP implementar as ações necessárias para as atividades educativas, construção e adequação das formas de captação de água nas nascentes, garantindo a proteção e a conformidade com a legislação vigente. Já a Prefeitura Municipal de São Pedro tem como função principal fiscalizar os serviços prestados, assegurando que as ações sejam realizadas de maneira eficiente e em conformidade com as normas estabelecidas.

Além disso, a participação da população é fundamental para o sucesso do plano. Os cidadãos têm o direito de acompanhar o andamento das ações, colaborar com a implementação das medidas e, quando necessário, cobrar a efetividade dos serviços, garantindo que as necessidades da comunidade sejam atendidas de forma adequada.

Para viabilizar a implementação dessas medidas, o município buscará parcerias com órgãos estaduais e federais, como o FEHIDRO, com o intuito de apoiar as propriedades, especialmente as de menor porte, na adequação das suas captações. Este esforço coletivo tem como objetivo assegurar a qualidade hídrica das comunidades rurais de São Pedro, promovendo a saúde pública.

Tabela 21 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA				
OBJETIVO	1	IMPLEMENTAR MEDIDAS DE PROTEÇÃO PARA NASCENTES E GARANTIR A SEGURANÇA HÍDRICA.				
FUNDAMENTAÇÃO	Na área rural de São Pedro, é fundamental adequar os pontos de captação de água superficial, com o objetivo de eliminar os riscos de contaminação. Esses pontos, ao estarem expostos a fatores como animais, folhas e solos contaminados, são vulneráveis à contaminação. Além disso, a escassez de vegetação ao redor das nascentes agrava esse problema. As adequações previstas não apenas atenderão às principais legislações ambientais, mas também garantirão a qualidade da água para os usuários, promovendo a segurança hídrica e a saúde das comunidades rurais.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Implementação de um sistema de monitoramento contínuo e avaliação periódica da qualidade da água.					
METAS						
CURTO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS			LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS	
1) Desativação de fossas rudimentares localizadas a menos de 30 metros dos mananciais de captação de água; 2) Disponibilizar orientação técnica especializada para os proprietários rurais sobre como implementar as proteções nas suas captações e como manter essas estruturas em bom estado; 3) Adequar e construir as proteções e tomar as medidas necessárias para a implementação da segurança hídrica.		4) Implantar um programa de monitoramento para avaliar a qualidade da água nas propriedades; 5) Criar programas de incentivo para que os proprietários rurais adotem, de forma voluntária, as práticas de proteção e manutenção das nascentes.			6) Trabalhar para a criação de políticas públicas que reforcem a proteção das nascentes e criem mecanismos mais eficazes para a fiscalização das captações de água nas propriedades rurais; 7) Manter a adequação dos pontos de captação superficiais e a conscientização da população.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES (R\$)						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMORIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.1.1	Introduzir programa de desativação de fossas localizadas a menos de 30 metros de distância de qualquer ponto de captação de água.	-	-	-	RP	-

1.1.2	Adequação e manutenção dos poços de captação com estão com tampas de proteção metálicas, de concreto ou plástico que não vedam totalmente a abertura do poço e construção de alvenaria ao redor de acordo com as normas técnicas.	R\$ 16.875,00	-	-	RP - FPU	Preço médio de tampa de concreto (R\$289,85 + material de construção + mão de obra) * 15 propriedades + 50% de variações (preço médio por caixa construída de R\$750,00). Lembrando que dessas 15 propriedades, 8 propriedades já possuem caixa de alvenaria em boas condições.
1.1.3	Disponibilizar orientação técnica especializada para os proprietários rurais.	-	-	-	RP	-
1.1.4	Implantar um programa de monitoramento contínuo para avaliar a qualidade da água nas propriedades.	-	-	-	RP	-
1.1.5	Criar políticas públicas que reforcem a proteção das nascentes e criem mecanismos mais eficazes para a fiscalização contínua das captações de água.	-	-	-	RP	-
<b>TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES</b>		<b>R\$16.875,00</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>TOTAL DO OBJETIVO</b>	<b>R\$16.875,00</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

**Tabela 22 - Tabela SINAPI para a construção de mureta de proteção ao redor dos poços.**

Item	Fonte	Código	Descrição	Un.	Qtd.	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
1.4.1	SINAPI	101159	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS MACIÇOS DE 5X10X20CM (ESPESSURA 10CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_05/2020	M²	15	157,12	2.356,80

Fonte: Tabela SINAPI, 2024.

#### 4.2.2.2. Objetivo 2 – Adequação dos Sistemas de Reservação nas Propriedades Rurais

Dentro da estratégia do PMSR de São Pedro, a adequação dos sistemas de reservação de água nas propriedades rurais é uma meta essencial para garantir uma infraestrutura hídrica eficiente e segura. O objetivo principal é promover práticas sustentáveis, assegurando que os reservatórios sejam mantidos adequadamente e utilizados de forma apropriada.

Para alcançar esse objetivo, serão implementados programas específicos, que incluem inspeções técnicas periódicas e campanhas de conscientização voltadas para a limpeza correta dos reservatórios. Além disso, será realizada a análise regular da qualidade da água armazenada, com o intuito de identificar e prevenir possíveis riscos à saúde.

A integração desses programas visa não apenas melhorar a capacidade de armazenamento de água, mas também garantir que ela atenda aos padrões de qualidade necessários, promovendo a saúde e o bem-estar das comunidades rurais. Essas ações são fundamentais para consolidar práticas de gestão hídrica sustentável, fortalecendo a resiliência das propriedades rurais de São Pedro no que diz respeito ao abastecimento de água.

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 2, detalhando as metas de curto, médio e longo prazo, as ações necessárias, os investimentos envolvidos e os métodos de acompanhamento para sua implementação.

Tabela 23 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA				
OBJETIVO	2	ADEQUAÇÃO DOS SISTEMAS DE RESERVAÇÃO				
<b>FUNDAMENTAÇÃO</b>	No contexto do município de São Pedro, destaca-se a necessidade de ações voltadas à adequação e limpeza correta dos reservatórios de água nas propriedades rurais. Essas medidas incluem orientações aos moradores sobre a necessidade de realizar limpezas periódicas nos sistemas de reservação. Além disso, um programa de conscientização promovendo a realização de análises da qualidade da água nos reservatórios e incentivando práticas seguras para garantir o tratamento eficaz dessas águas, contribuindo para a segurança hídrica e a saúde das comunidades rurais.					
<b>MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)</b>	Inspeções técnicas periódicas, análises da qualidade da água nos reservatórios e campanhas de conscientização voltadas para a população rural.					
METAS						
CURTO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS		
1) Programas de conscientização voltados para a população rural; 2) Inspeções técnicas com intuito de identificar reservatórios inadequados, manutenção precária e má higienização;		3) Substituição e adequação dos reservatórios impróprios, com suporte da Prefeitura Municipal para as famílias de baixa renda;		4) Manter programa de substituição e manutenção dos reservatórios impróprios. 5) Manter inspeções técnicas, a fim de prevenir contaminação no período de armazenamento.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES (R\$)						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMORIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.2.1	Programa educativo para conscientizar a comunidade sobre a limpeza adequada dos reservatórios e o consumo seguro da água.	-	-	-	RP	-
1.2.2	Substituição de reservatórios inadequados com suporte financeiro para famílias de baixa renda.	R\$ 65.000,00	R\$ 60.000,00	R\$180.000,00	RP - FPU	Caixa d'água de 2.500L custa em média R\$ 1.789,00, segundo a loja Leroy Merlin + custo de instalação e transporte
1.2.3	Incentivo à população rural para efetuar análise da água consumida e acionar o Poder Público em caso de identificação de contaminação.	-	-	-	AA - RP	-
<b>TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES</b>		<b>R\$ 65.000,00</b>	<b>R\$60.000,00</b>	<b>R\$180.000,00</b>	<b>TOTAL DO OBJETIVO</b>	<b>R\$ 305.000,00</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

#### 4.2.2.3. Objetivo 3 – Implementar o Tratamento de Água e Regularizar a Proximidade de Poços Próximos a Fontes de Contaminação.

A ausência de tratamento adequado da água e a localização inadequada dos poços, sendo próximos de fontes de contaminação, constituem riscos graves à saúde da população rural de São Pedro. A água potável, fundamental para a vida e o bem-estar da comunidade, pode se tornar um veículo de doenças se não for tratada corretamente ou se os poços estiverem expostos a contaminantes.

Neste contexto, este objetivo visa garantir que toda a água captada em poços artesanais e fontes subterrâneas passe por um tratamento eficiente, eliminando impurezas e agentes patogênicos que possam comprometer a saúde pública. Simultaneamente, será dado foco à adequação da localização dos poços, garantindo que sejam perfurados a distâncias seguras de fontes de poluição, como esgoto doméstico, produtos agroquímicos ou outras atividades que possam gerar contaminação.

O objetivo é não apenas eliminar os riscos imediatos de doenças transmitidas pela água, mas também criar uma estrutura de abastecimento hídrico mais segura e sustentável para as propriedades rurais. Para isso, será necessário implantar sistemas de tratamento adequados, como filtros e desinfetantes. Além disso, campanhas educativas serão promovidas para conscientizar a população rural sobre a importância do tratamento da água e da localização adequada dos poços, buscando envolver a comunidade na preservação da saúde e no acesso à água de qualidade.

A seguir, apresenta-se uma tabela que resume o Objetivo 3, destacando as metas a serem alcançadas nos seguintes prazos: curto, médio e longo, as ações requeridas, os investimentos necessários e os métodos para monitorar a execução do plano.

Tabela 24 - Tabela Síntese do Objetivo 3.

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA				
OBJETIVO	3	IMPLEMENTAR O TRATAMENTO DE ÁGUA E REGULARIZAR A LOCALIZAÇÃO DE POÇOS PRÓXIMOS A FONTES DE CONTAMINAÇÃO.				
FUNDAMENTAÇÃO	No município de São Pedro, destacam-se as ações voltadas para o tratamento adequado da água e a correta localização dos poços, especialmente aqueles próximos a fontes de contaminação. Essas medidas incluem a orientação aos moradores sobre a importância de perfurar os poços em locais seguros e a necessidade de realizar o tratamento adequado da água captada. Além disso, será implementado um programa de conscientização que incentivará a realização de análises periódicas da qualidade da água e promoverá práticas seguras de manejo hídrico. Tais ações visam garantir o tratamento eficaz da água, contribuindo para a segurança hídrica e a proteção da saúde das comunidades rurais.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Percentual de Poços Regularizados, que mede a porcentagem de poços realocados para locais seguros; o Número de Análises de Qualidade da Água Realizadas; o Percentual de Propriedades com Sistema de Tratamento Adequado e o Número de Capacitações Realizadas.					
METAS						
CURTO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS		
1) Implementar programas de conscientização sobre o tratamento de água e localização segura dos poços; 2) Implementar sistemas de tratamento em 30% das propriedades rurais; 3) Realizar análises da qualidade da água nas propriedades rurais.		4) Atingir 60% das propriedades com tratamento de água adequado; 5) Efetuar análises trimestrais da qualidade da água em 100% das propriedades com poços.		6) Garantir que 100% das propriedades rurais possuam sistemas de tratamento de água eficientes e adequados; 7) Regularizar 100% dos poços, garantindo que todos estejam em conformidade com as normas de segurança hídrica.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES (R\$)						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMORIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.3.1	Programa de conscientização para a comunidade sobre a importância do tratamento de água e a localização correta para perfuração dos poços.	-	-	-	RP	-
1.3.2	Implementar sistemas de tratamento adequados em 100% das propriedades rurais.	R\$ 50.000,00	R\$40.000,00	R\$120.000,00	RP - FPU	1º ano R\$ 20.000,00 + 10 mil/ano até o 20º ano.
<b>TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES</b>		<b>R\$ 50.000,00</b>	<b>R\$40.000,00</b>	<b>R\$120.000,00</b>	<b>TOTAL DO OBJETIVO</b>	<b>R\$ 210.000,00</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

### 4.2.3. Análise Econômica

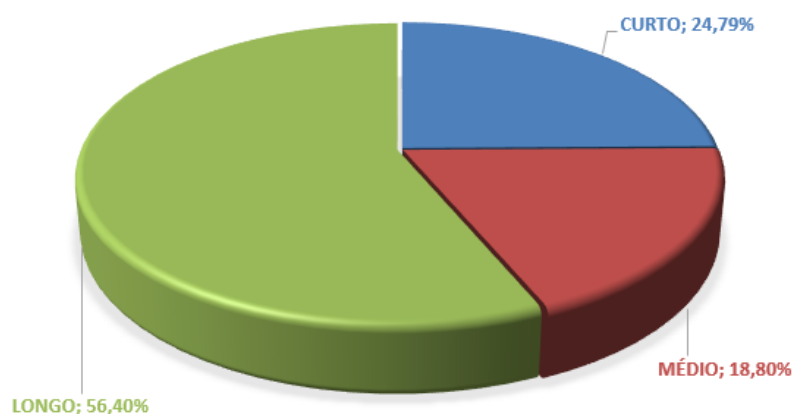
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

**Tabela 25 - Análise de Investimentos nos Sistemas de Abastecimento de Água.**

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
SETOR	1	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		
OBJETIVOS	CURTO	MÉDIO	LONGO	TOTAL GERAL
IMPLEMENTAR MEDIDAS DE PROTEÇÃO PARA NASCENTES E GARANTIR A SEGURANÇA HÍDRICA.	R\$16.875,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$16.875,00
ADEQUAÇÃO DOS SISTEMAS DE RESERVAÇÃO	R\$65.000,00	R\$60.000,00	R\$180.000,00	R\$305.000,00
IMPLEMENTAR O TRATAMENTO DE ÁGUA E REGULARIZAR A LOCALIZAÇÃO DE POÇOS PRÓXIMOS A FONTES DE CONTAMINAÇÃO.	R\$50.000,00	R\$40.000,00	R\$120.000,00	R\$210.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$131.875,00</b>	<b>R\$100.000,00</b>	<b>R\$300.000,00</b>	<b>R\$531.875,00</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

**Gráfico 48 - Investimentos por prazo de execução.**



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

### 4.3. Sistema de Esgotamento Sanitário

O município de São Pedro, de acordo com o diagnóstico realizado, não utiliza na sua área rural sistemas centralizados para o tratamento do esgoto gerado, sendo utilizadas soluções individuais ou descentralizadas de tratamento do efluente.

É comum que em áreas rurais de todo o país, seja adotado o sistema individual de tratamento de esgoto, pois, áreas rurais comumente se localizam distantes da área urbana e, principalmente, se localizam distantes das estações de tratamento de esgotos – ETEs, quando elas existem. Entretanto, o que mais se observa nos municípios brasileiros é a utilização de fossa rudimentar, principalmente na área rural.

No município de São Pedro esta também é uma situação recorrente. De acordo com os levantamentos realizados em campo e apresentados no Produto 4, a grande maioria dos sistemas individuais nas propriedades rurais se dão através das fossas rudimentares, não possuindo o tratamento adequado por este meio, aumentando as chances de contaminação do solo e de corpos hídricos.

Diante deste cenário, o Plano apresentará propostas de substituição dos sistemas individuais inadequados, como as fossas rudimentares, por outros meios de tratamento de rejeitos que ofereçam maior segurança ambiental e sanitária. As propostas serão elaboradas levando-se em conta as características específicas das propriedades rurais, a fim de garantir a viabilidade técnica e econômica das soluções propostas.

A implementação das medidas propostas visa melhorar a qualidade do meio ambiente e da saúde pública na área rural do município, através da redução do risco de contaminação dos recursos hídricos e do solo, bem como da prevenção de doenças transmitidas pelo contato com água e solo contaminados.

#### 4.3.1. Projeção da Vazão Anual de Esgoto

A contribuição de esgoto está diretamente relacionada ao consumo de água. Por isso, é comum utilizar o mesmo parâmetro de consumo adotado em projetos de sistemas de abastecimento para o dimensionamento de sistemas de esgotamento sanitário.

No caso do esgoto, considera-se apenas o consumo efetivo de cada indivíduo, desconsiderando as perdas de água. Esse valor pode variar de acordo com a região,

e, na ausência de dados específicos, a literatura sugere adotar referências de comunidades com características semelhantes.

Para calcular a contribuição de esgoto, multiplica-se o consumo efetivo de água pelo coeficiente de retorno, que é a relação entre o volume de esgoto gerado e o volume de água efetivamente consumido. Conforme a norma ABNT NBR 9649/1986, o coeficiente recomendado é de 80%.

Assim, torna-se essencial estabelecer coeficientes que representem essas variações na geração de esgoto, possibilitando o dimensionamento correto das diferentes unidades do sistema de esgotamento sanitário. Dessa forma, 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 da população rural do município de São Pedro com a previsão para os próximos vinte anos.

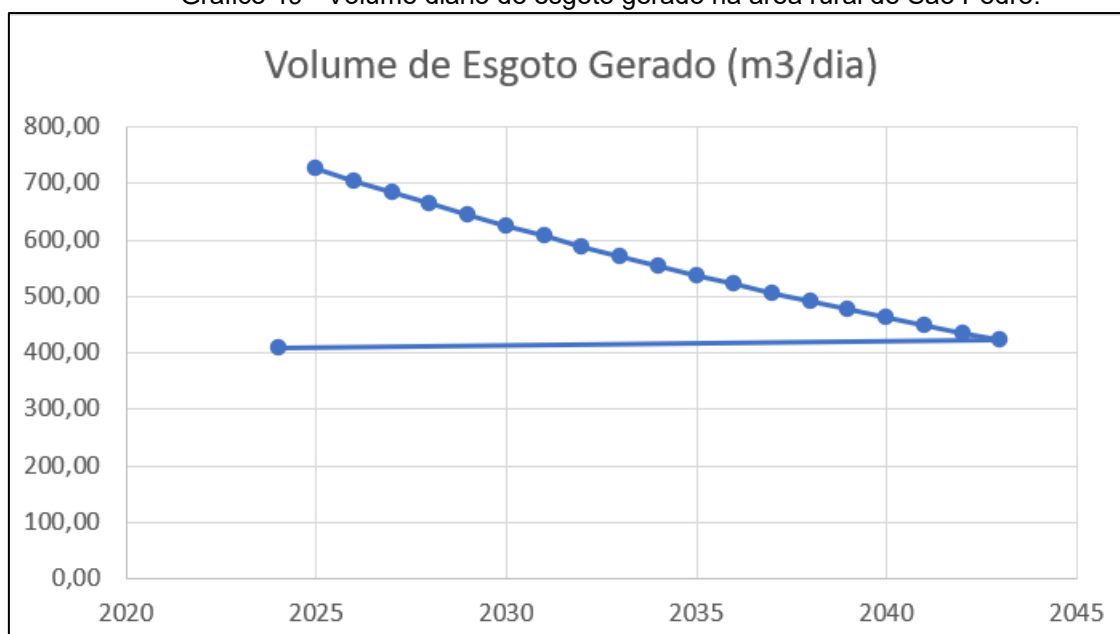
**Tabela 26 - Projeção da geração de esgoto nas propriedades rurais.**

Ano	População rural	Volume de água para consumo (m <sup>3</sup> /dia)	Volume de esgoto gerado (m <sup>3</sup> /dia)
2025	4.476	908,11	726,49
2026	4.343	881,13	704,90
2027	4.214	854,95	683,96
2028	4.089	829,59	663,67
2029	3.968	805,04	644,03
2030	3.850	781,10	624,88
2031	3.735	757,77	606,22
2032	3.624	735,25	588,20
2033	3.517	713,54	570,83
2034	3.412	692,24	553,79

2035	3.311	671,75	537,40
2036	3.213	651,87	521,49
2037	3.117	632,39	505,91
2038	3.025	613,72	490,98
2039	2.935	595,46	476,37
2040	2.848	577,81	462,25
2041	2.763	560,57	448,45
2042	2.681	543,93	435,15
2043	2.601	527,70	422,16
2044	2.524	512,08	409,66

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 49 - Volume diário de esgoto gerado na área rural de São Pedro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Em paralelo ao cenário observado nas projeções de demanda para o sistema de abastecimento de água nas áreas rurais, identificou-se no município de São Pedro uma diminuição nas estimativas de geração de esgoto ao longo do horizonte de 20 anos, alinhado com a tendência projetada de declínio populacional.

Entretanto, conforme exemplificado em capítulos anteriores, o município está sujeito a uma variação flutuante de sua população e, conseqüentemente, de um aumento na geração de esgoto em períodos de alta temporada.

#### 4.3.2. 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/km<sup>2</sup>.dia) x área (km<sup>2</sup>).

Para o cálculo da carga para esgoto doméstico é utilizado a seguinte equação.

$$carga = população . carga \text{ per capita}$$

$$carga \left( \frac{kg}{d} \right) = \frac{população(hab).carga \text{ per capita} \left( \frac{g}{hab. dia} \right)}{1000 \left( \frac{g}{kg} \right)}$$

A porcentagem ou eficiência de remoção de determinado poluente no tratamento ou em uma etapa dele é dada pela fórmula.

$$E = \frac{C_o - C_e}{C_o} .100$$

Sendo:

*E*: eficiência de remoção (%);

*C<sub>o</sub>*: concentração afluente do poluente (mg/L);

*C<sub>e</sub>*: concentração efluentes do poluente (mg/L).

## A. Matéria Orgânica – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para a decomposição microbiana aeróbica da matéria orgânica em formas inorgânicas estáveis. Esse parâmetro geralmente é avaliado como o oxigênio consumido durante um período específico, sob condições controladas de temperatura. É comum utilizar um período de cinco dias a 20°C, conhecido como DBO<sub>5,20</sub>.

Os maiores aumentos nos níveis de DBO em corpos d'água costuma ser causados por despejos com alto teor de matéria orgânica. Essa presença excessiva pode levar ao esgotamento completo do oxigênio dissolvido, comprometendo a sobrevivência de peixes e outras formas de vida aquática.

Altos valores de DBO podem indicar um crescimento excessivo de micro-organismos, alterando o equilíbrio ecológico, gerando sabores e odores indesejáveis, e até mesmo obstruindo filtros de areia em estações de tratamento de água.

A carga de DBO, expressa em quilogramas por dia (kg/dia), é um parâmetro essencial no dimensionamento de estações de tratamento biológico de esgotos. Ela influencia diretamente as características do sistema, como o tamanho dos tanques e a potência dos aeradores. Essa carga é calculada pelo produto entre a vazão do efluente e a concentração de DBO. No Brasil, para esgotos sanitários, adota-se tradicionalmente uma contribuição diária de 54 gramas de DBO<sub>5,20</sub> por habitante.

Com base nisso, a tabela a seguir apresenta as cargas orgânicas previstas para os próximos 20 anos, com e sem tratamento, considerando uma eficiência de 80% na remoção da DBO a partir dos processos de tratamento.

**Tabela 27 - Valores de Cargas Orgânicas de DBO.**

Ano	População Rural	Carga Orgânica (Kg de DBO/dia) Sem Tratamento	Carga Orgânica (Kg de DBO/dia) Com Tratamento
2025	4.476	241,70	48,34
2026	4.343	234,52	46,90
2027	4.214	227,56	45,51
2028	4.089	220,81	44,16
2029	3.968	214,27	42,85
2030	3.850	207,90	41,58
2031	3.735	201,69	40,34
2032	3.624	195,70	39,14

2033	3.517	189,92	37,98
2034	3.412	184,25	36,85
2035	3.311	178,79	35,76
2036	3.213	173,50	34,70
2037	3.117	168,32	33,66
2038	3.025	163,35	32,67
2039	2.935	158,49	31,70
2040	2.848	153,79	30,76
2041	2.763	149,20	29,84
2042	2.681	144,77	28,95
2043	2.601	140,45	28,09
2044	2.524	136,30	27,26

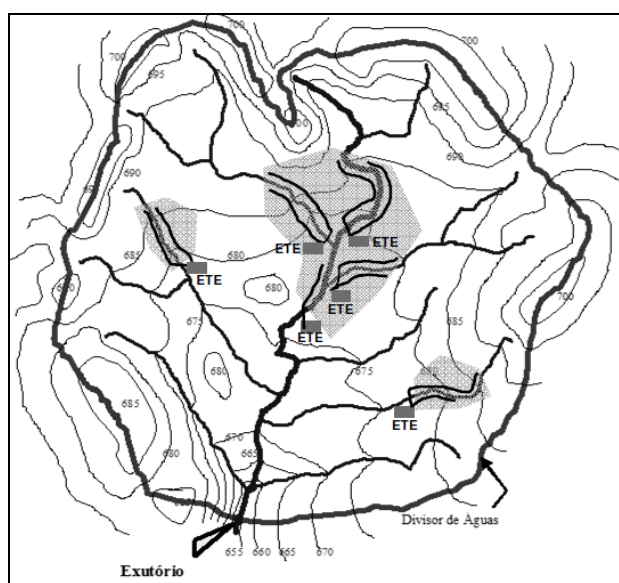
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

### 4.3.3. 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.

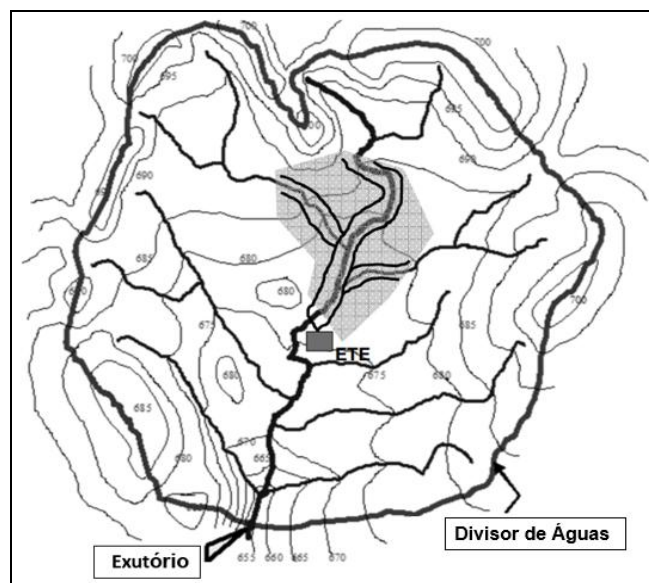
Enquanto, o segundo modelo é o centralizado ou sistema convencional, onde se implanta apenas uma estação de tratamento para receber todo o efluente produzido. Sendo assim, as figuras abaixo mostram estes exemplos.

Figura 115 - Exemplo de Sistema Descentralizado.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

Figura 116 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

No contexto do município de São Pedro, é possível observar que alguns núcleos populacionais localizados na área rural apresentam uma relativa proximidade entre as propriedades. Nesse cenário, torna-se viável a análise para a implantação de sistemas coletivos ou centralizados de tratamento de esgoto.

Tal abordagem diverge de soluções adotadas em outros municípios brasileiros, nos quais as propriedades rurais costumam estar mais isoladas e distantes entre si.

Entretanto, no contexto das propriedades rurais, os sistemas individuais se mostram mais adequados, pois, permitem que cada propriedade trate seus próprios rejeitos sanitários de forma autônoma, reduzindo os custos de implementação e manutenção da infraestrutura e aumentando a eficiência do tratamento.

Além disso, os sistemas individuais podem ser projetados de acordo com as características específicas de cada propriedade, como o tamanho da área, o tipo de solo e a quantidade de água utilizada, o que garante uma melhor adequação à realidade local.

É importante ressaltar que a escolha do sistema de tratamento deve ser realizada levando-se em conta as normas e legislação ambiental vigentes, a fim de garantir a segurança sanitária e ambiental das soluções adotadas.

#### **4.3.4. Definições de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada**

Para a área rural de São Pedro será proposta a continuação das substituições dos sistemas de fossas rudimentares nas propriedades. O Produto 4, mostrou através dos questionários que aproximadamente 93% das propriedades rurais amostradas ainda utilizam fossas rudimentares para “tratar” os esgotos gerados.

Enquanto, 3% das propriedades rurais amostradas utilizam fossas sépticas para tratar os seus esgotos, 2% utilizam biodigestores e 2% é encanado para o rio. Em relação a implantação dos projetos de melhorias nos sistemas individuais, é de suma importância que se dê uma atenção e prioridade para os sistemas inadequados que estão localizados a montante dos corpos hídricos utilizados no abastecimento, tanto da zona rural quanto da urbana.

#### **4.3.5. Sistemas Individuais**

A falta de acesso a serviços de esgotamento sanitário é comum em comunidades rurais, evidenciando uma disparidade significativa em relação aos centros urbanos. Dados indicam que, de cada dez pessoas sem acesso adequado aos quatro eixos do saneamento, sete residem em áreas rurais.

Nessas regiões, 49% da população ainda enfrenta práticas inadequadas, como o uso de banheiros compartilhados, defecação a céu aberto ou descarte de dejetos sem tratamento diretamente no solo ou em corpos d'água.

O despejo de esgoto sem tratamento nos mananciais compromete a qualidade da água, tornando essencial o tratamento e a disposição adequada dos efluentes. Em algumas áreas, fatores como distância das estações de tratamento, geografia local e falta de infraestrutura complicam essa questão.

Uma solução viável é a descentralização do tratamento de esgoto doméstico, por meio da implantação de fossas sépticas, filtros anaeróbios e biodigestores. Sistemas locais de tratamento, quando bem projetados, construídos e operados, são alternativas eficazes para garantir a saúde pública e preservar o meio ambiente, especialmente em áreas menos densamente habitadas.

Esses sistemas individuais atendem residências unifamiliares ou pequenos grupos, sendo recomendados para locais com baixa densidade populacional e lençol

freático profundo, já que a disposição final do efluente tratado geralmente envolve infiltração no solo.

Desenvolvidos para comunidades isoladas, os sistemas individuais, quando corretamente executados e mantidos, constituem uma solução sanitária eficiente para o tratamento de efluentes domésticos. São sistemas simples, porém eficazes, previstos nas normas NBR 7229 e NBR 13969, indicados para residências ou instalações em áreas sem rede de coleta.

Dentro dessa abordagem, destacam-se os seguintes sistemas individuais de tratamento de esgoto que, operando em conjunto, atingem os níveis de tratamento exigidos:

- 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 espuma 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.

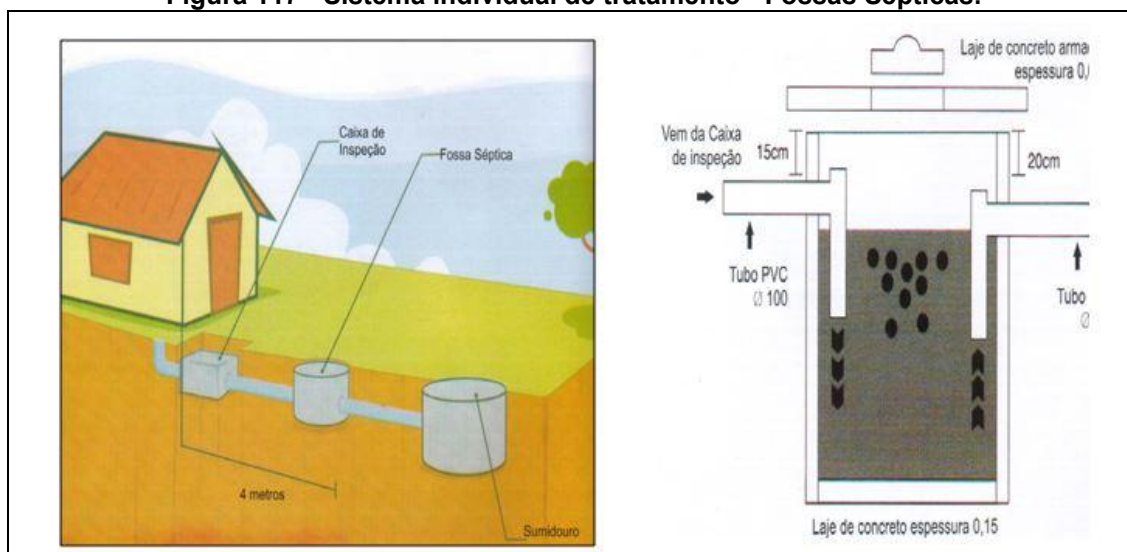
É de fundamental importância para o bom funcionamento dos tanques sépticos, a retirada do lodo em períodos pré-determinados pelo fabricante, no caso de soluções industrializadas.

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 sistema. As fossas sépticas devem se distanciar da moradia em pelo menos quatro metros, apesar de que, os maus odores podem ser minimizados e/ou evitados subindo o respiro.

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 117 - Sistema individual de tratamento - Fossas Sépticas.**



Fonte: CAESB, 2019.

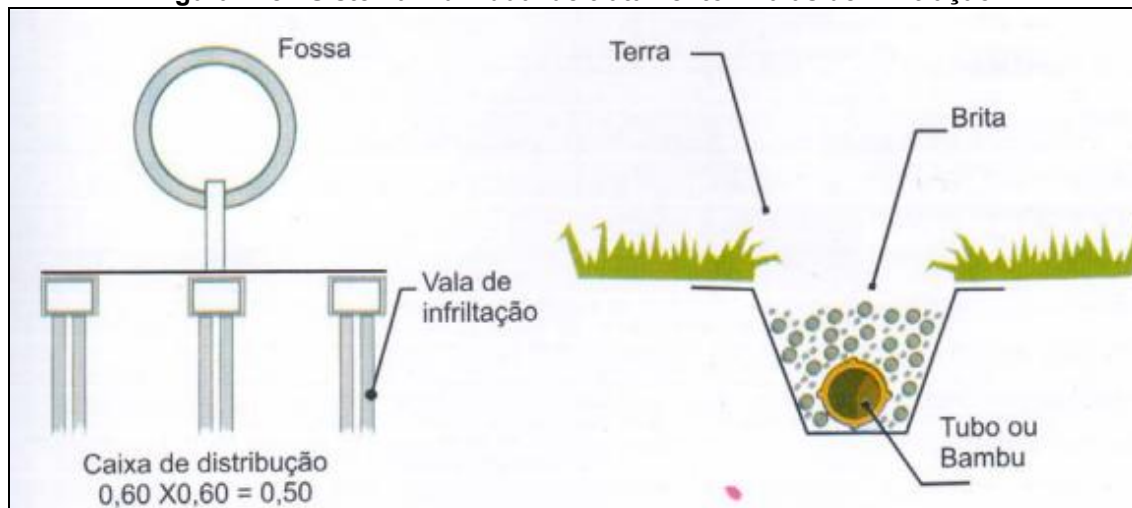
As valas de infiltração e os filtros apresentam o mesmo princípio no tratamento dos esgotos. Caracterizado como tratamento secundário, este sistema permite uma eficiência na redução da carga orgânica acima de 80%. Através da retenção das partículas de lodo formadas e arrastadas da fossa séptica, as bactérias 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 118 - Sistema individual de tratamento - Valas de Infiltração.



Fonte: CAESB, 2019.

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. Ressalta-se, que em locais que possuem um lençol freático alto, o sumidouro não é considerado uma boa opção.

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.

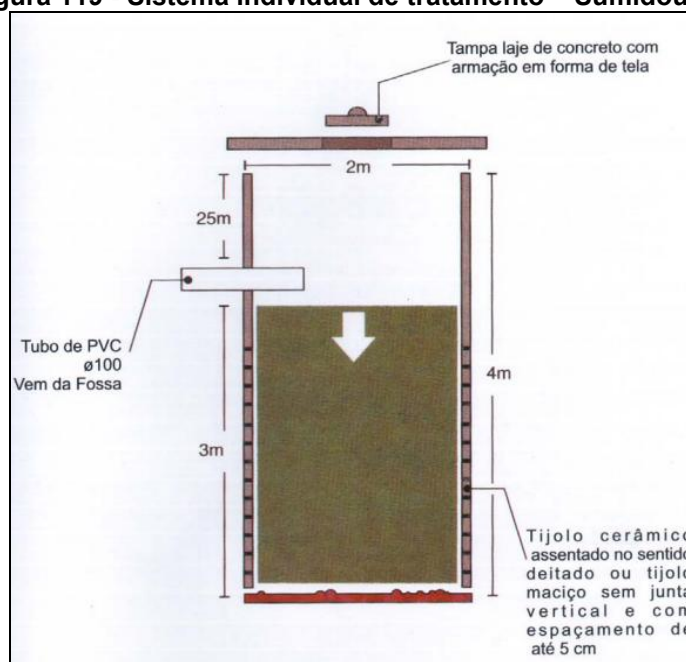
A profundidade do buraco deve ser setenta centímetros maior que a altura final do sumidouro. Isso permite a colocação de uma camada de pedra, no fundo do dispositivo, para infiltração mais rápida no solo e de uma camada de terra, de vinte centímetros, sobre a tampa do sumidouro.

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 Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, em parceria com a Vigilância Sanitária deveria cobrar e informar sobre a exigência de sumidouro apenas para casos em que não há existência de rede de esgotamento. A figura abaixo mostra outro modelo de sistema individual de tratamento, que pode ser utilizado nas propriedades rurais.

Figura 119 - Sistema individual de tratamento – Sumidouros.



Fonte: CAESB, 2019.

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 devem ser listadas 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 120 - Estação compacta de tratamento de esgoto sanitário.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

A implementação de programas que incentivem as comunidades rurais a adotar sistemas de tratamento de esgoto é fundamental para as regiões ainda não atendidas. Muitas dessas áreas lançam esgotos domésticos diretamente nos mananciais ou utilizam métodos inadequados, como fossas rudimentares.

A instalação de sistemas de tratamento descentralizado nas residências traz melhorias significativas para a saúde pública e o saneamento, além de reduzir os impactos ambientais. Essa prática deve ser promovida e monitorada pelos órgãos municipais, pela prestadora de serviços de saneamento e/ou pelos órgãos fiscalizadores.

No caso das comunidades rurais de São Pedro, recomenda-se avaliar a viabilidade de alternativas de baixo custo, como os filtros anaeróbios do tipo Cynamon

(Decanto-Digestor + Filtro Anaeróbio + Filtro de Areia). Este sistema, desenvolvido pelo pesquisador Szachna Elias Cynamon, otimiza o tratamento de esgoto ao associar três filtros, seguidos por um filtro de areia, em um processo de fluxo ascendente, descendente e novamente ascendente, sendo o filtro de areia responsável por dar um polimento ao efluente final.

Esse sistema apresenta alta eficiência no tratamento de esgotos sanitários e industriais. Cynamon recomenda sua aplicação em pequenas comunidades e áreas periféricas (1986). De acordo com Silva (2000), o processo foi testado em uma unidade piloto com capacidade para tratar até 2 L/s de esgoto doméstico ou industrial da FIOCRUZ, demonstrando a qualidade do sistema patenteado. Os ensaios realizados durante o processo de patenteamento confirmaram a eficácia do método (Silva, 2000, p.1).

Kligerman (1995, p.47) informa que o filtro anaeróbio possui uma taxa de aplicação de 10 a 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia e pode tratar uma carga orgânica de 1 a 2 Kg DBO/m<sup>3</sup> de pedra/dia. Silva (2000) destaca que esse processo possui várias vantagens, como a possibilidade de ser instalado em espaços reduzidos, como em cantos ou áreas isoladas, além de ter um custo de implantação e operação mais baixo se comparado aos processos tradicionais. Isso se deve ao fato de seus tempos de detenção hidráulica serem semelhantes aos do lodo ativado convencional, permitindo a construção de unidades compactas.

Outra vantagem significativa é o baixo consumo de oxigênio na unidade aeróbia, já que a maior parte da estabilização da matéria orgânica ocorre na unidade anaeróbia. A eficiência de remoção da carga orgânica varia entre 90% e 98% (DQO como substrato), e, conforme estudos de Cynamon, o processo reduz os índices de coliformes totais em cerca de 95%.

Os órgãos responsáveis pela fiscalização devem realizar monitoramento periódico da qualidade dos corpos hídricos, coletando amostras de água a montante e a jusante dos pontos de lançamento de esgoto tratado. Isso permite verificar se os efluentes lançados atendem aos parâmetros exigidos pela legislação.

Em áreas onde as construções são isoladas e distantes umas das outras, como ocorre em algumas partes de São Pedro, a viabilidade econômica de sistemas coletivos de tratamento é limitada. Nesse caso, a instalação de unidades de tratamento individuais em cada residência, como fossas sépticas seguidas de filtro anaeróbio, é a solução mais viável. A disposição controlada do efluente no solo também deve ser

considerada. Além disso, é essencial que o poder público ou a concessionária se responsabilizem pela coleta periódica dos efluentes e do lodo gerado, encaminhando-os para tratamento posterior.

#### A. Descrição de Tecnologias Sociais de Saneamento Básico

As Tecnologias Sociais (TS) consistem em um conjunto de técnicas e metodologias aplicadas a uma determinada localidade, nas quais a participação ativa da comunidade é essencial para a resolução de problemas que a afetam direta ou indiretamente.

Quando aplicadas ao saneamento básico, as Tecnologias Sociais podem ser adotadas por comunidades rurais, especialmente em regiões com infraestrutura sanitária limitada. Exemplos dessas tecnologias incluem a fossa biodigestora, zonas de raízes, círculos de bananeiras e bacias de evaporação, que auxiliam no tratamento de águas residuais.

As águas cinzas, geradas por processos domésticos como torneiras, chuveiros, lavanderias e lavatórios, são separadas do esgoto sanitário. Elas podem representar até 80% do efluente sanitário gerado em uma residência ou empreendimento. O tratamento adequado das águas cinzas, por meio de redes hidráulicas separadas, possibilita seu reuso em atividades como irrigação de áreas verdes, descargas sanitárias, lavagem de pisos, entre outras funções de menor demanda.

Por outro lado, a água do vaso (ou água marrom) é aquela que contém matéria fecal e urina, sendo mais difícil de tratar devido à presença de contaminantes biológicos.

Na área rural do município, onde a rede de esgoto sanitário é ausente, soluções alternativas podem ser adotadas para o tratamento de esgoto doméstico ou para complementar os tratamentos existentes. Uma dessas alternativas é a readequação das fossas rudimentares para métodos mais eficientes, como formas de tratamento individuais do esgoto residencial.

A adoção de sistemas unifamiliares de tratamento se justifica em comunidades rurais de baixa densidade populacional, uma vez que o custo de um sistema coletivo seria inviável economicamente. Contudo, em comunidades rurais com maior densidade populacional e proximidade entre os imóveis, desde que haja um estudo adequado, é possível implantar sistemas coletivos de tratamento.

Dentre as soluções unifamiliares viáveis, destacam-se a bacia de evapotranspiração, o banheiro seco, o círculo de bananeiras, a fossa séptica biodigestora e as zonas de raízes, que serão detalhadas a seguir.

## B. Fossas Sépticas Biodigestora - FSB

A Fossa Séptica Biodigestora é uma tecnologia desenvolvida em 2001 pela Embrapa Instrumentação para o tratamento da água proveniente de vasos sanitários. O sistema é composto por três caixas d'água de mil litros, conectadas entre si, onde ocorre a degradação da matéria orgânica do esgoto e sua transformação em biofertilizante, que pode ser utilizado em algumas culturas.

Este sistema é projetado para atender uma residência com até cinco pessoas, mas adaptações podem ser feitas para residências com maior número de moradores.

O funcionamento da Fossa Séptica Biodigestora se baseia na fermentação anaeróbia, um processo que ocorre na ausência de oxigênio e é realizado por microrganismos presentes no próprio esgoto. Sob condições adequadas de temperatura, tempo de permanência no sistema e nutrientes, esses microrganismos consomem a matéria orgânica, transformando o esgoto bruto em um efluente tratado. Este efluente pode ser utilizado no solo como fertilizante, desde que esteja dentro das condições sanitárias exigidas pela Norma Técnica P4.230 da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

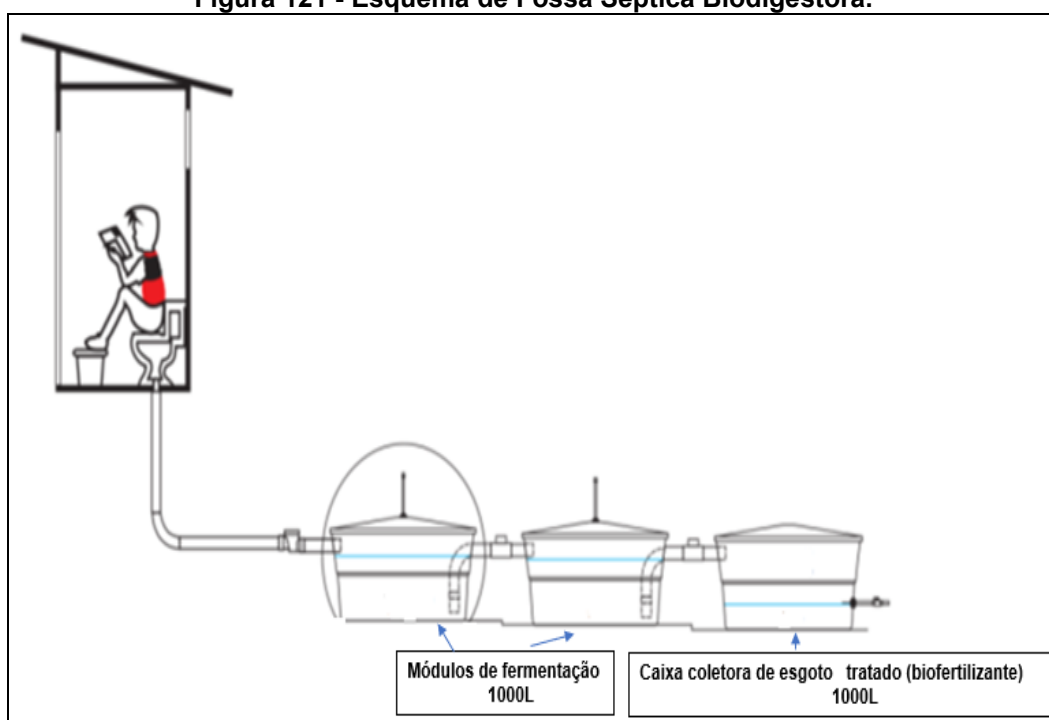
Esse processo complementa o tratamento do esgoto, conhecido como tratamento terciário, que envolve a absorção de nutrientes pelas plantas e a eliminação de microrganismos. O mais interessante é que todo esse processo ocorre de forma natural, sem a necessidade de energia elétrica. No início, aplica-se uma mistura mensal composta por cinco litros de esterco bovino fresco e cinco litros de água. As fezes dos ruminantes contêm bactérias que aumentam a eficiência do processo, potencializam o tratamento do esgoto, reduzem odores e melhoram a qualidade do efluente.

As duas primeiras caixas do sistema são chamadas de módulos de fermentação, locais onde ocorre a biodigestão anaeróbia realizada pelas bactérias. A última caixa, conhecida como caixa coletora, armazena o efluente estabilizado, que pode ser retirado para posterior utilização.

Como o sistema é modular, o número de caixas pode ser ajustado conforme o número de moradores da residência, mantendo o volume mínimo de 1000 L por caixa. Estudos indicam que, para cada 2,5 pessoas a mais na residência, é necessário adicionar um módulo de fermentação de 1000 L (duas caixas para cada cinco pessoas adicionais, e assim proporcionalmente). Residências com menos de cinco moradores também devem utilizar no mínimo três caixas de mil litros cada. É importante evitar o uso de volumes inferiores a mil litros ou qualquer tipo de adaptação no sistema.

A figura a seguir ilustra um exemplo de fossa séptica biodigestora.

Figura 121 - Esquema de Fossa Séptica Biodigestora.

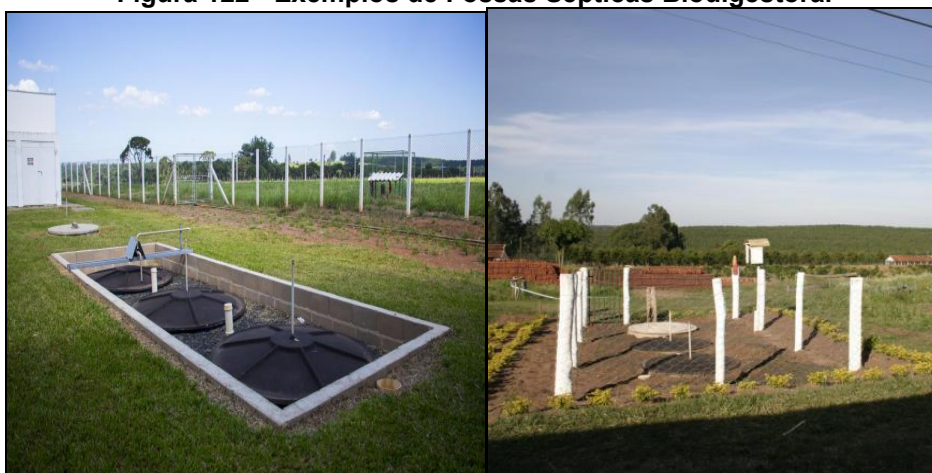


Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

O método de construção e de funcionamento do sistema são simples, deve-se adquirir três caixas com volume de 1000L, tubulações de 100mm, instrumentos de vedação, conexões, ferramentas de fixação e perfuração.

Ao final do processo, tem-se um efluente livre de microrganismos causadores de doenças e que vão auxiliar na agricultura como fertilizante para capim, milho dentre outras plantas. As figuras abaixo demonstram um exemplo de fossa séptica biodigestora.

Figura 122 - Exemplos de Fossas Sépticas Biodigestora.



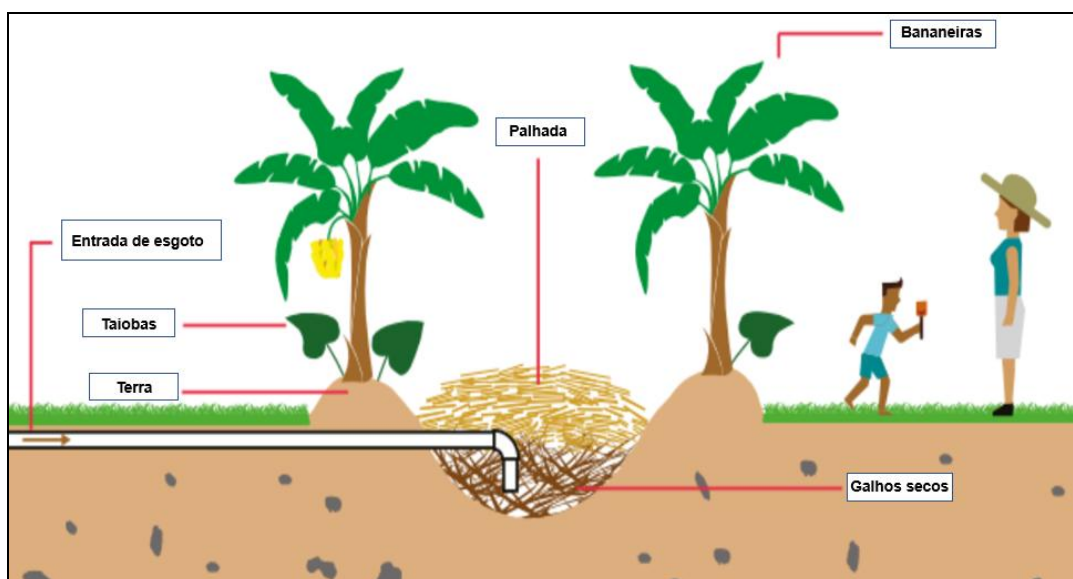
Fonte: EMBRAPA. Imagem de Divulgação, 2025.

### C. 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 123 - Esquema de Círculo de Bananeiras.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

A construção do sistema, especialmente a escavação do solo, pode ser realizada manualmente ou com o auxílio de maquinários. A escavação não deve ser impermeabilizada nem compactada, e deve ter a forma de um prato côncavo, com profundidade variando entre 0,5 m e 1,0 m e diâmetro interno de 1,4 m a 2,0 m.

O fundo do buraco deve ser preenchido com pequenos galhos e palhada (como capim seco ou folhas secas de bananeira), criando um ambiente arejado e espaçoso para receber a água cinza que será tratada.

Para direcionar a entrada da água cinza, pode-se instalar um Joelho na extremidade da tubulação, garantindo que o líquido entre na camada de palha seca. Isso ajuda a evitar que a água cinza fique exposta diretamente.

A água e os nutrientes presentes no esgoto serão absorvidos pelas bananeiras, enquanto os resíduos orgânicos (como restos de alimentos e sabão) serão degradados pelos microrganismos presentes no solo da vala. As figuras abaixo ilustram outros exemplos de círculos de bananeira.

Figura 124 - Exemplos de Círculo de Bananeiras.



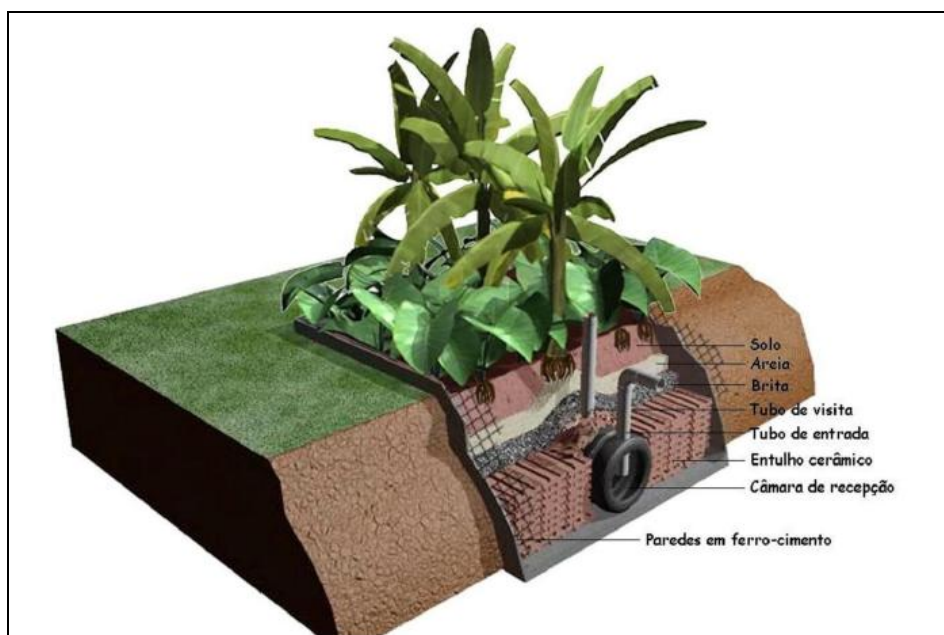
Fonte: Projeto Saneamento Rural – UNICAMP / Imagem de Divulgação, 2025.

#### D. Tanques de Evapotranspiração - TEvap

O Tanque de Evapotranspiração (TEvap), é uma abordagem tecnológica destinada ao tratamento e reutilização dos nutrientes contidos nas águas residuais provenientes do vaso sanitário.

O sistema hermético do TEvap é constituído por um reservatório selado, revestido com material impermeabilizante, contendo várias camadas de substrato e adornado com espécies vegetais que possuem um crescimento acelerado e uma alta exigência hídrica, como, por exemplo, a bananeira, a taioba, inhame ou mamoeiros.

Figura 125 - Esquema de um Tanque de Evapotranspiração - TEvap.



Fonte: GALBIATI, 2009.

Nos sistemas TEvap, a degradação da matéria orgânica ocorre na parte inferior da estrutura, onde os processos microbianos anaeróbios (sem presença de oxigênio) degradam a matéria, de forma similar ao processo de digestão anaeróbia. Já nas camadas centrais e superficiais, os processos de decomposição aeróbica (com presença de oxigênio), mineralização e absorção de nutrientes pelas plantas ocorrem, juntamente com a evapotranspiração da água, utilizando os mesmos agentes.

As principais vantagens desse método de tratamento em comparação com tecnologias tradicionais estão no fato de que o TEvap não exige pré-tratamento para remoção de sólidos grosseiros nem pós-tratamento para eliminação de patógenos ou redução de matéria orgânica. Além disso, o sistema não apresenta riscos de contaminação, uma vez que não há saída de água, como é o caso de outros sistemas, como as fossas sépticas, por exemplo.

Os materiais utilizados na construção do sistema são de baixo custo, como areia, brita e, em muitos casos, materiais recicláveis, como pneus inservíveis e

entulho. A entrada do esgoto no sistema é feita por uma tubulação de 100 mm que desemboca na câmara central, localizada no fundo da caixa. Esta câmara é a primeira etapa do tratamento, onde ocorre a sedimentação dos sólidos e o início da digestão do esgoto.

O esgoto sobe então pelas camadas filtrantes compostas por entulho, brita e areia, onde microrganismos se desenvolvem e degradam o esgoto de forma anaeróbia. Acima da camada filtrante, há uma camada de terra onde são plantadas bananeiras e outras plantas, como taioba e lírio do brejo. As plantas utilizam os nutrientes presentes no esgoto para produzir novas folhas e frutos, funcionando como adubos naturais. Parte da água que entra no sistema evapora pelo solo.

A seguir, apresenta-se um exemplo de funcionamento deste sistema.

**Figura 126 - Exemplo de Tanque de Evapotranspiração - TEvap.**



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

#### **4.3.6. Ações de Emergência e Contingência**

As ações de emergência e contingência para o sistema de esgotamento sanitário rural do município são fundamentais para a proteção da saúde pública e a preservação da qualidade ambiental. Como mencionado anteriormente, a maioria das propriedades rurais do município utiliza fossas rudimentares para o tratamento de esgoto, o que pode resultar na contaminação do solo e de corpos hídricos. Por essa razão, é necessário implementar medidas preventivas e de contingência para reduzir os impactos negativos e garantir a eficácia do sistema.

Assim, a tabela a seguir apresenta as principais alternativas para ações de emergência e contingência, focadas na contaminação do solo, de corpos hídricos ou nascentes, causadas pelo mau funcionamento de fossas sépticas ou rudimentares. O objetivo dessas ações é permitir a rápida identificação e correção de problemas relacionados ao tratamento inadequado de esgoto.

**Tabela 28 - Ações de emergência e contingência para contaminação por fossas.**

<b>MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL</b>		
<b>SETOR</b>	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO
<b>OBJETIVO</b>	1	<b>ALTERNATIVAS PARA REDUZIR RISCOS DE CONTAMINAÇÃO POR FOSSAS NA ZONA RURAL</b>
<b>EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS</b>		
<b>OCORRÊNCIA</b>	<b>ORIGEM</b>	<b>AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA</b>
Vazamentos e contaminação de solo, curso hídrico ou lençol freático por fossas, se houver.	Rompimento, extravasamento, vazamento e/ou infiltração de esgoto bruto por ineficiência de fossas.	Comunicar a Prefeitura Municipal e o SAAESP. Conter vazamento e promover a limpeza da área com caminhão limpa fossa, encaminhando o resíduo para a estação de tratamento de esgoto. Realizar a substituição das fossas rudimentares por fossas sépticas e sumidouros assim que identificar o problema.
	Construção de fossas inadequadas e ineficientes.	Implementar um programa de orientação comunitária, em parceria com a prestadora de serviços sanitários, para conscientizar a população sobre a importância de substituir fossas rudimentares por fossas sépticas. Além disso, é essencial fiscalizar se a substituição e/ou desativação está sendo realizada dentro dos padrões técnicos e prazos estabelecidos.
	Inexistência ou ineficiência do monitoramento.	Expandir o monitoramento e a fiscalização dos sistemas de tratamento de esgoto na zona rural, em parceria com a prestadora de serviços, com atenção especial às fossas situadas próximas a cursos hídricos e pontos de captação subterrânea de água destinada ao consumo humano.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

#### 4.3.7. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Esgotamento Sanitário

Os objetivos, programas, projetos e ações destinados a alcançar a universalização e a segurança dos sistemas individuais de tratamento de esgoto nas áreas rurais do município foram organizados em tabelas síntese, categorizadas por setor e objetivo.

Essas tabelas permitem uma visualização clara das propostas, tanto sob uma perspectiva ampla (macro) quanto detalhada (micro), seguindo uma sequência lógica: da fundamentação dos objetivos às metas estabelecidas para os diferentes prazos do projeto, passando pelos programas, projetos e ações necessários para alcançá-las, até os métodos de acompanhamento que avaliarão o sucesso das atividades.

A seguir, são apresentados os objetivos definidos para o sistema de esgotamento sanitário rural do município de São Pedro.

##### 4.3.7.1. Objetivo 1 – Substituição dos sistemas individuais inadequados

Conforme destacado anteriormente, nas áreas rurais do município de São Pedro observa-se uma prevalência significativa de sistemas individuais de tratamento de esgoto inadequados, o que pode resultar no lançamento direto de efluentes no solo, representando um sério risco de contaminação na região.

Com o intuito de erradicar tais cenários, os objetivos delineados enfocarão a substituição dos sistemas de fossas rudimentares pelo sistema utilizado no programa de saneamento rural, sendo o biodigestor. O biodigestor é um sistema estanque (impermeável), sujeito a menos erros de manutenção se comparado às fossas sépticas da EMBRAPA, por exemplo.

Importante ressaltar que dos sistemas de esgotamento em áreas próximas de mananciais que atuam no fornecimento de água, conforme previamente proposto para o SAA, mas sim em abranger toda a área rural do município.

A tabela abaixo apresenta os programas, projetos e ações planejados para solucionar os problemas identificados.

Tabela 29 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO				
OBJETIVO	1	SUBSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS INADEQUADOS				
FUNDAMENTAÇÃO	A desativação e substituição dos sistemas rudimentares de tratamento de esgoto por tecnologias de eficiência comprovada são fundamentais para melhorar a qualidade ambiental e proteger a saúde pública na zona rural de São Pedro. Esses sistemas rudimentares apresentam falhas graves, que frequentemente resultam na contaminação do solo e dos recursos hídricos, comprometendo a segurança sanitária e ambiental da região, especialmente devido à sua ampla utilização nas propriedades locais.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Implementação de um sistema de monitoramento regular da qualidade da água nos corpos hídricos próximos às áreas rurais de São Pedro, além de realizar inspeções periódicas nas instalações de tratamento de esgoto para garantir sua eficácia e conformidade com as normas ambientais.					
METAS						
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS			MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS	
1) Promover atividades de educação ambiental e sanitária para conscientizar a população rural sobre a importância de substituir fossas rudimentares por fossas sépticas ou biodigestores; 2) Substituição de 30% dos sistemas inadequados por projetos de eficiência comprovada.			3) Substituição de 60% dos sistemas inadequados por projetos de eficiência comprovada.		4) Substituição de 100% dos sistemas inadequados por projetos de eficiência comprovada.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
2.2.1	Realizar palestras, oficinas e distribuição de materiais didáticos (cartilhas, folders e vídeos) abordando os riscos das fossas rudimentares e as vantagens dos sistemas alternativos.	-	-	-	AA - RP	-

2.2.2	Substituição das fossas rudimentares por fossas sépticas ou biodigestores.	R\$ 884.000,00	-	-	RP - FPU	(1*) Custo estimado de Biodigestores (R\$8.500,00) * 65 propriedades + 60% para instalação. Lembrando que o valor de 65 imóveis foi obtido a partir da análise do total de propriedades que possuem fossas rudimentares (64) e o número de propriedades que não possuem tratamento adequado (1).
2.2.3	Elaboração de estudo para implementação de sistemas coletivos em núcleos populacionais com propriedades rurais contíguas.	-	-	-	AA - RP	-
<b>TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES</b>		<b>R\$ 884.000,00</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>TOTAL DO OBJETIVO</b>	<b>R\$ 884.000,00</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

(1\*) - De acordo com a análise dos dados obtidos pelos questionários aplicados e respondidos, foram diagnosticadas 65 propriedades que não possuem tratamento adequado, de um total de 71 propriedades, resultando em uma porcentagem de 91,5%. Dessa forma, a mesma porcentagem foi utilizada para a multiplicação do valor dos biodigestores, ou seja, R\$ 8.500,00 foram multiplicados por 65 propriedades (equivalente a 91,5% do total de 71 propriedades existentes em toda zona rural). Após isso, o cálculo foi extrapolado em mais 60% para gastos de instalação (o material cotado para a estimativa de preço foi: Fossa séptica Biodigestora HYDROTECH 6.000 Litros).

#### 4.3.7.2. Objetivo 2 – Garantir a Manutenção Adequada das Fossas nas Propriedades Rurais para Mitigar Odor e Impactos Ambientais

A correta manutenção das fossas nas propriedades rurais é essencial para prevenir problemas relacionados à saúde pública, à contaminação do meio ambiente e o desconforto causado pelo mau cheiro. Atualmente, o alto número de fossas rudimentares que não recebem a limpeza e o cuidado necessários contribui para a degradação ambiental, gerando impactos negativos no solo, na qualidade das águas subterrâneas e no bem-estar das comunidades rurais.

Para enfrentar essa questão, é fundamental implementar ações que incentivem a manutenção periódica das fossas, como programas de conscientização e capacitação voltados para os proprietários rurais. Tais iniciativas podem incluir palestras educativas sobre os riscos associados à má gestão das fossas, além de orientações práticas sobre como realizar a limpeza adequada e identificar possíveis problemas estruturais.

Além disso, a substituição gradual de fossas rudimentares por sistemas mais eficientes, como fossas sépticas ou biodigestores, deve ser incentivada. Para isso, podem ser oferecidos subsídios, financiamentos facilitados ou parcerias com instituições públicas e privadas. Essas tecnologias não apenas eliminam os problemas de odor, mas também garantem um tratamento mais eficaz dos resíduos, contribuindo para a preservação ambiental e a segurança hídrica.

O monitoramento e a fiscalização desempenham um papel central nesse processo, garantindo que as normas sanitárias sejam cumpridas e que as fossas sejam mantidas em condições adequadas de operação. A adoção de um sistema municipal de coleta e destinação do lodo gerado pelas fossas também pode ser uma medida eficaz para evitar que os resíduos sejam descartados de forma inadequada.

Com essas ações integradas, será possível minimizar os problemas causados pelas fossas rudimentares, promovendo uma convivência harmoniosa entre as comunidades rurais e o meio ambiente, além de melhorar a qualidade de vida e reduzir riscos à saúde pública. A tabela a seguir descreve as iniciativas propostas para resolver o problema apontado.

Tabela 30 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
<b>SETOR</b>	<b>2</b>	<b>ESGOTAMENTO SANITÁRIO</b>				
<b>OBJETIVO</b>	<b>2</b>	<b>GARANTIR A MANUTENÇÃO ADEQUADA DAS FOSSAS NAS PROPRIEDADES RURAIS PARA MITIGAR ODOR E DANOS AMBIENTAIS</b>				
<b>FUNDAMENTAÇÃO</b>	A limpeza e manutenção adequadas das fossas nas áreas rurais são essenciais para evitar odores e prevenir a contaminação do solo e da água. Programas de capacitação para os proprietários rurais sobre esses cuidados ajudam a garantir o bom funcionamento das fossas. A substituição por sistemas mais eficientes, como fossas sépticas ou biodigestores, também contribui para evitar futuros problemas. O monitoramento contínuo e a fiscalização são necessários para garantir a preservação da saúde pública e do meio ambiente.					
<b>MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)</b>	Sistema de monitoramento regular das fossas nas áreas rurais, com inspeções periódicas para verificar a limpeza e manutenções necessárias; Números de treinamentos para os proprietários rurais sobre boas práticas de gestão e operação dos sistemas de esgoto.					
METAS						
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS		
1) Capacitar 50% dos proprietários rurais sobre a manutenção e limpeza das fossas; 2) Realizar inspeções em 40% das propriedades rurais para verificar as condições das fossas; 3) Implantar um sistema de monitoramento para coleta de dados sobre a manutenção das fossas.		4) Capacitar 80% dos proprietários rurais; 5) Realizar inspeções em 100% das propriedades rurais para verificar as condições das fossas; 6) Estabelecer um sistema de coleta e destinação do lodo nas principais áreas rurais.		7) Capacitar 100% dos proprietários rurais e garantir a manutenção adequada das fossas em todas as propriedades; 8) Implementar um sistema de monitoramento e fiscalização contínua, garantindo a conformidade com as normas ambientais e sanitárias em todo o município.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		

2.2.1	Realizar campanhas de conscientização para os proprietários rurais sobre a importância da manutenção das fossas e a limpeza adequada.	-	-	-	AA - RP	-
2.2.3	Implementar um sistema de coleta de dados para acompanhar as condições das fossas e garantir que as manutenções sejam realizadas regularmente.	-	-	-	AA - RP	-
<b>TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES</b>		<b>R\$0,00</b>	<b>R\$0,00</b>	<b>R\$0,00</b>	<b>TOTAL DO OBJETIVO</b>	<b>R\$0,00</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

#### 4.3.8. Análise Econômica

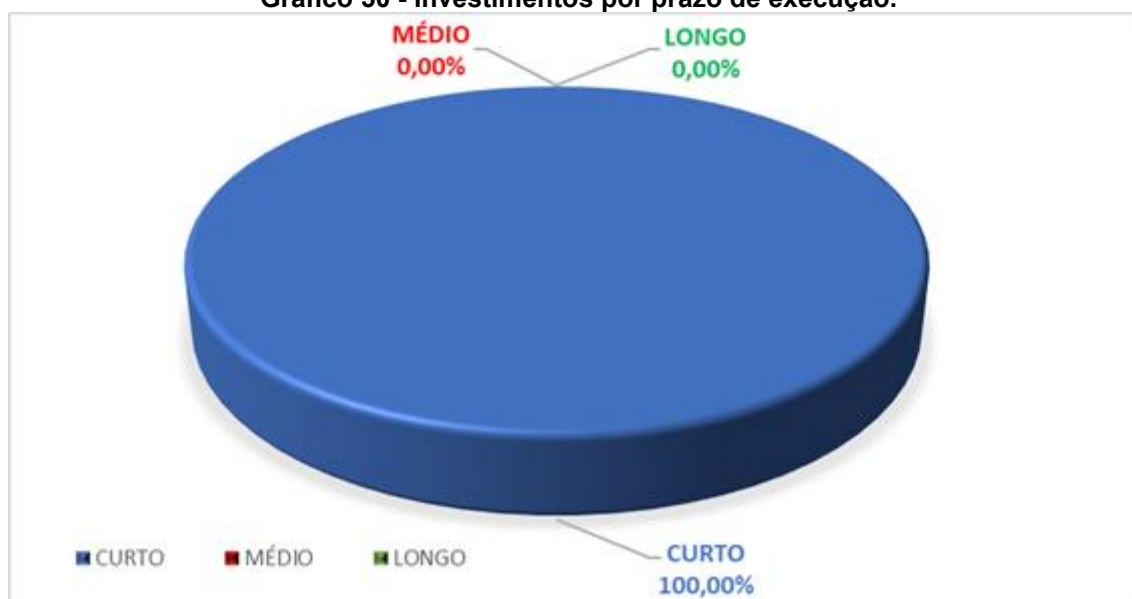
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

**Tabela 31 - Análise de investimento nos sistemas de esgotamento sanitário.**

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
SETOR	2	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO		
OBJETIVOS	PRAZOS			TOTAL GERAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	
SUBSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS INADEQUADOS	R\$ 884.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	<b>R\$ 884.000,00</b>
GARANTIR A MANUTENÇÃO ADEQUADA DAS FOSSAS NAS PROPRIEDADES RURAIS PARA MITIGAR ODOR E IMPACTOS AMBIENTAIS	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	<b>R\$ 0,00</b>
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>R\$884.000,00</b>	<b>R\$0,00</b>	<b>R\$0,00</b>	<b>R\$884.000,00</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

**Gráfico 50 - Investimentos por prazo de execução.**



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

#### 4.4. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

No município de São Pedro, o gerenciamento de resíduos sólidos enfrenta desafios específicos na zona rural, onde, além dos resíduos domiciliares, é necessário lidar com materiais provenientes de atividades agrícolas, como embalagens de agrotóxicos, entre outros tipos de resíduos. Essas particularidades exigem uma abordagem integrada e adaptada às condições locais.

Entre os principais problemas identificados na área rural estão o descarte irregular de resíduos sólidos, o baixo número de caçambas disponíveis para a destinação de resíduos domiciliares e a deficiência na cobertura de coleta, o que deixa muitas propriedades sem acesso adequado ao serviço. Além disso, destaca-se a ausência de pontos de descarte específicos para materiais recicláveis, o que contribui para o alto número de propriedades que optam por queimar seus resíduos, agravando os impactos ambientais e sanitários.

A dispersão geográfica e o difícil acesso a algumas comunidades rurais tornam essencial a adoção de estratégias específicas para superar esses desafios. Uma das propostas é implantar pontos fixos próximos a sua residência para que os moradores depositem seus resíduos, facilitando a coleta pelo caminhão e otimizando a logística de destinação final dos resíduos sólidos.

Também é necessário identificar locais estratégicos para a instalação de novos ecopontos, que possibilitem o descarte adequado de recicláveis e incentivem a adesão da população à reciclagem. No caso das caçambas, é necessário aumentar a quantidade e a frequência da coleta de resíduos convencionais.

Essas iniciativas buscam solucionar os problemas existentes e aprimorar o sistema de gestão de resíduos sólidos na área rural, promovendo a preservação ambiental e a melhoria da qualidade de vida das comunidades rurais de São Pedro.

##### 4.4.1. Estimativa da Produção de Resíduos Sólidos com base nos Resultados dos Estudos Demográficos

Atualmente o município de São Pedro conta com geração *per capita* de resíduos sólidos domésticos (RDO + RPU), em relação à população total atendida com os serviços de coleta de 0,7 kg/hab./dia de acordo com o SNIS, referente ao ano de 2022. Em concordância com o apresentado no Diagnóstico, cerca de 60% das

propriedades rurais contam com o serviço de coleta, com frequência de pelo menos uma vez por semana, representando cerca de 35 propriedades rurais.

Para a estimativa da geração de resíduos sólidos em São Pedro, foi considerado também um incremento na geração *per capita* de resíduos, visto que conforme o desenvolvimento do município, a tendência é que a população consuma mais e conseqüentemente aumente a produção de lixo em suas propriedades, passando de 0,7 para 0,9 kg/hab./dia no ano de 2044.

Para a projeção do volume de geração anual foi utilizado o mesmo estudo demográfico apresentado no Produto 3, juntamente com o aumento considerado 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.

Observa-se na seguinte tabela que no município de São Pedro, a população rural terá um decréscimo de aproximadamente 43,61%. Entretanto, de acordo com a estimativa de aumento da geração *per capita*, a quantidade de resíduos sólidos gerados apresenta um pequeno acréscimo de aproximadamente 1,03%/ano.

Tabela 32 - Estimativa da geração total, reciclados e compostáveis.

Ano	População	Geração Per Capta (kg/hab./dia)	Total (ton./ano)	Reciclado (ton./ano)	Compostado (ton./ano)
2025	4.476	0,71	11.599,40	347,75	703,4
2026	4.343	0,72	11.413,40	342,17	692,11
2027	4.214	0,73	11.228,30	336,62	680,88
2028	4.089	0,74	11.044,90	331,11	669,73
2029	3.968	0,75	10.862,00	325,65	658,7
2030	3.850	0,76	10.679,00	320,18	647,63
2031	3.735	0,77	10.497,70	314,71	636,55
2032	3.624	0,78	10.317,80	309,32	625,65
2033	3.517	0,79	10.141,90	304,04	614,97
2034	3.412	0,8	9.963,00	298,69	604,16
2035	3.311	0,81	9.788,10	293,47	593,6
2036	3.213	0,82	9.616,90	288,3	583,15
2037	3.117	0,83	9.442,10	283,1	572,62
2038	3.025	0,84	9.274,00	278,05	562,41
2039	2.935	0,85	9.105,70	272,99	552,18
2040	2.848	0,86	8.939,20	268,02	542,11
2041	2.763	0,87	8.773,60	263,04	532,05
2042	2.681	0,88	8.611,20	258,17	522,19
2043	2.601	0,89	8.449,80	253,31	512,37
2044	2.524	0,9	8.291,00	248,57	502,79

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

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

Neste capítulo serão discutidas as formas de procedimentos operacionais e especificações mínimas, para serem adotadas no gerenciamento e manejo dos resíduos sólidos nas zonas rurais do município.

Os tópicos seguintes têm o propósito de apenas apresentar as condições mínimas necessárias para prestação dos serviços, não debilitando o que já é realizado, mas, servindo de base para novas operações e comparativo para as já executadas.

## A. Contratos e Controle dos Serviços

Caso o município opte pela contratação de empresas terceirizadas para o manejo dos resíduos sólidos, algumas exigências deverão ser consideradas, como:

- Cumprir a Lei nº 14.133/2021 – Lei de Licitações, e suas alterações;
- Contratos com os critérios esmiuçados dos serviços, solicitando informações de pesagem e valores cobrados para cada serviço prestado. Faz-se importante dividir os diferentes serviços da limpeza pública, discriminando os valores de coleta, transporte, transbordo, e disposição final nos custos;
- Na gestão dos resíduos de serviços de saúde (RSS), exigir por meio legal que os geradores dessa tipologia de resíduos apresentem o certificado de destinação final dos resíduos e inventário semestral para o ente fiscalizador e, realizar periodicamente auditorias nas empresas coletoras de RSS;
- Inserir nos contratos a responsabilidade do devido preenchimento do sistema de informações pelo prestador, podendo assim gerar indicadores de eficiência dos serviços, propiciando uma avaliação constante da qualidade do serviço prestado;
- Na gestão dos resíduos da construção civil (RCC), exigir por meio legal que o gerador desse tipo de resíduo apresente o certificado de destinação final dos resíduos e o inventário semestral para o ente fiscalizador. No caso das empresas coletoras de RCC, exigir o licenciamento para a execução da atividade;
- Licitações com preço máximo, ou seja, teto máximo estabelecido para o serviço

## B. 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 nº 13.463/1995 – Coleta de Resíduos Sólidos e a ABNT NBR nº

12.980/1993 – Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos. 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.

C. Estimativas de quantidades a serem coletadas por setores.

Destaca-se que, conforme o Diagnóstico apresentado, aproximadamente 60% das propriedades rurais do município de São Pedro são atendidas pela coleta convencional de resíduos sólidos domiciliares.

Para alcançar a universalização desse serviço nas áreas rurais, é necessário que abordem a ampliação do número de caçambas e a implementação de pontos de coleta para resíduos recicláveis (ecopontos). A ausência desses pontos e o baixo número de caçambas disponíveis têm levado ao descarte irregular ou à queima de resíduos, práticas que prejudicam o meio ambiente e a saúde pública.

Observa-se, ainda, uma deficiência na coleta desses resíduos, o que reforça a necessidade de aprimorar a logística e a infraestrutura do serviço.

É essencial que a coleta convencional de resíduos sólidos seja realizada nos mesmos dias e horários previamente definidos, garantindo que a população mantenha o hábito de destinar seus resíduos corretamente ao caminhão da coleta ou a caçambas destinadas para este fim. A regularidade desse serviço, aliada à oferta adequada de caçambas e pontos de coleta de recicláveis, é fundamental para evitar

práticas inadequadas e promover a gestão sustentável dos resíduos.

#### D. Regularidade, Frequência e Setorização da Coleta

A coleta de resíduos sólidos domiciliares nas propriedades rurais de São Pedro, tanto nos locais atendidos pelo sistema porta-a-porta quanto naqueles onde a população deposita os resíduos em caçambas, deve ocorrer sempre nos dias e horários previamente estipulados. Essa regularidade é essencial para garantir a universalização e a eficiência do sistema.

Para evitar o acondicionamento prolongado de resíduos sólidos, estima-se que todo o processo de coleta e destinação final não deve ultrapassar cinco dias. Isso porque o aumento da temperatura acelera o processo de decomposição, favorecendo a proliferação de vetores e gerando maus odores.

O planejamento estratégico da coleta convencional de resíduos sólidos demanda uma análise detalhada das características do município. É necessário considerar fatores como os tipos de pavimentação, a configuração do sistema viário, a sazonalidade da produção de resíduos, entre outros.

Além disso, devem ser levadas em conta as variações demográficas, mudanças nas características dos bairros, as estações do ano e a ocorrência de descarte irregular em locais não autorizados pela Prefeitura Municipal.

#### E. Acondicionamento e Apresentação para a Coleta

O processo de acondicionamento temporário dos resíduos sólidos inicia-se após a geração deles. Este processo tem como objetivo principal preparar os resíduos de forma adequada para a coleta.

Desta forma, o acondicionamento adequado dos resíduos sólidos gera uma maior eficiência no procedimento de coleta e transporte, visto que, um bom acondicionamento, aumenta a produtividade dos colaboradores do serviço de coleta, diminuindo assim, os riscos de acidentes e a proliferação de vetores.

No Manual de Saneamento da Funasa (BRASIL, 2015) são recomendados critérios acerca dos dispositivos de acondicionamento, sendo eles:

- Atender as condições sanitárias;
- Não apresentar aspecto desagradável ou repulsivo;

- Ter capacidade para conter o lixo gerado durante o intervalo entre uma coleta e outra;
- Possibilitar uma manipulação segura por parte da equipe de coleta;
- Possibilitar uma coleta rápida.

Nas propriedades rurais que não estão incluídas nas rotas dos coletores, seja devido a dificuldades de acesso ou à grande distância do centro urbano, adota-se a técnica de coleta indireta. Nessa modalidade, o veículo percorre locais específicos onde os moradores dispõem seus resíduos, como caçambas, ecopontos ou áreas de transbordo.

Entretanto, conforme identificado na etapa de Diagnóstico, algumas caçambas presentes nas áreas rurais do município possuem capacidade inferior à quantidade de resíduos gerados pelas comunidades locais. Isso resulta na dispersão de materiais ao redor das caçambas, evidenciando a necessidade de adequação desses dispositivos ou do aumento no número de pontos de coleta.

Ainda de acordo com o Produto 4, cerca de 57% das propriedades rurais do município de São Pedro que possuem coleta de lixo utilizam lixeiras suspensas para o armazenamento dos resíduos.

Em relação aos sacos plásticos utilizados no acondicionamento, é fundamental observar as normas técnicas estabelecidas pela ABNT NBR n° 9190/1994 – *Sacos Plásticos para o Acondicionamento de Lixo – Classificação* – e pela ABNT NBR n° 9191/2002 – *Sacos Plásticos para o Acondicionamento de Lixo – Requisitos e Métodos de Ensaio*. A norma ABNT NBR n° 9190/1994 especifica critérios como resistência, volume e cor dos sacos plásticos, além de outras características essenciais para sua adequação ao tipo de resíduo gerado nas residências.

Os recipientes para acondicionamento de resíduos sólidos domiciliares devem ser dimensionados de forma a garantir funcionalidade e higiene. Isso evita a dispersão de resíduos em vias públicas, mantém o ambiente livre de animais que possam danificá-los e assegura a segurança dos coletores durante o processo de coleta.

Um dos problemas destacados na etapa de Diagnóstico refere-se ao acondicionamento inadequado do lixo em muitas propriedades. Em alguns casos, os resíduos são dispostos diretamente no chão, o que pode resultar na dispersão por ação de animais ou pelo escoamento da água da chuva, além de atrair vetores.

Portanto, é indispensável promover ações de conscientização para o uso de lixeiras suspensas ou outros meios que dificultem o contato dos resíduos com animais e a água da chuva, assegurando a organização e a higiene no manejo dos resíduos sólidos.

#### F. Veículos para a Coleta Convencional de Resíduos Sólidos

No contexto dos serviços de coleta e transporte em áreas rurais, as diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Saneamento Rural (PNSR) incentivam o uso de veículos alternativos, como tratores agrícolas com reboque, triciclos, jericos agrícolas, entre outros, para a coleta interna de resíduos nas comunidades rurais.

Esses veículos menores são mais adequados para regiões com vias limitadas e/ou restrições geográficas, facilitando o acesso universal das propriedades rurais aos serviços de coleta de resíduos. Em locais onde veículos maiores, como caminhões basculantes e compactadores, não conseguem adentrar, essas alternativas representam soluções práticas e eficientes.

Ainda conforme as orientações da PNSR, é recomendada a implantação de áreas de transbordo estrategicamente localizadas, permitindo que os resíduos sejam transferidos para veículos maiores para o transporte final.

A substituição de veículos menores no sistema de coleta e transporte inclui a utilização de tratores mecânicos equipados com caçambas traseiras, uma solução eficiente e funcional para atender às necessidades das áreas rurais. A imagem a seguir ilustra essa configuração.

**Figura 127 - Exemplo de trator agrícola com caçambas.**



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

## G. Coleta Seletiva

A coleta seletiva é fundamental para alcançar as metas de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos. Esse processo visa direcionar apenas os rejeitos para os locais de destinação final, prolongando sua vida útil, reduzindo os impactos ambientais associados à extração de novos recursos e diminuindo os custos gerais do sistema de gerenciamento de resíduos.

Sendo assim, o Artigo 9º do Decreto nº 7.404/10, que regulamenta a Lei nº 12.305/10 – PNRS diz que:

*“O sistema de coleta seletiva será implantado pelo titular do serviço público de limpeza 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”.*

A coleta seletiva, conforme definida na Lei Federal nº 12.305/10 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), refere-se à separação prévia dos resíduos de acordo com sua constituição e composição. Sua implementação pelos municípios é essencial para direcionar as ações voltadas ao atendimento do princípio da hierarquia na gestão de resíduos.

No Brasil, de acordo com dados fornecidos pela ABRELPE (2021), 4.145 municípios (74,4%) possuem sistemas de coleta seletiva. No entanto, essas iniciativas ainda são incipientes e não abrangem todos os bairros das cidades. As regiões Sul (91,2%) e Sudeste (90,6%) apresentam os maiores percentuais de municípios com alguma iniciativa de coleta seletiva.

Para a sociedade, a adoção de políticas voltadas à coleta seletiva de materiais recicláveis traz benefícios ainda mais significativos. A Prefeitura pode implementar programas para valorizar economicamente esses materiais, além de gerar mais empregos com a inclusão dos catadores informais e a regularização dos atravessadores.

Com o apoio do Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR), foi fundada a Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (ANCAT), que atua no apoio à organização social e econômica dos catadores e suas organizações. Essa atuação se dá por meio de ações e projetos focados na qualificação produtiva e no fortalecimento econômico da categoria.











De acordo com 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 (como sucata e cobre), vidros e outros materiais (eletroeletrônicos, óleos e gorduras residuais, entre outros).

Essas categorias podem ser subdivididas conforme a demanda de comercialização dos materiais. Em 2020, as cooperativas e associações acompanhadas pela ANCAT registraram o volume total de 326.700 toneladas de resíduos recicláveis, com um faturamento aproximado de R\$ 159 milhões.

A padronização dos recipientes para resíduos recicláveis é uma proposta essencial para as instalações atuais e futuras. Além disso, o município pode desenvolver programas de sensibilização para incentivar a adoção dessa padronização.

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.

**Tabela 33 - 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.

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 de acesso às comunidades rurais, em escolas ou outros locais onde se achar necessário. A figura abaixo exemplifica os recipientes abordados acima.

Figura 128 - Recipientes para a coleta seletiva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Estes coletores deverão estar bem identificados e a Prefeitura Municipal poderá implantar meios de fiscalização para que a população respeite a proposta deste tipo de coleta. Através de campanhas educacionais e punições, a Prefeitura terá condições de promover a triagem dos resíduos sólidos logo na origem, facilitando as outras etapas de segregação dos materiais recicláveis.

Por outro lado, o município também poderá optar por metodologias mais simples para a separação dos resíduos recicláveis junto à população. A tabela abaixo mostra as possíveis formas de segregação de resíduos sólidos.

Tabela 34 - Forma de Segregação dos resíduos sólidos.

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: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

É relevante ressaltar que o município de São Pedro, conforme identificado no Diagnóstico, não dispõe de um sistema de coleta seletiva direcionado às propriedades rurais. No entanto, alguns catadores informais recolhem os resíduos recicláveis de algumas propriedades, como evidenciado pela análise dos questionários distribuídos nas propriedades rurais, os quais indicaram uma cobertura de aproximadamente 36%.

Nesse sentido, torna-se imperativo alinhar as diretrizes propostas neste plano com vistas à universalização do sistema de coleta seletiva. Além disso, é essencial que a Prefeitura Municipal garanta a correta destinação dos resíduos recicláveis, a fim de universalizar a coleta e assegurar que esses materiais recebam o tratamento adequado. Também é fundamental adotar ações de educação ambiental, com o objetivo de destacar a importância da prática de reciclagem e esclarecer os métodos disponíveis para realizá-la de forma eficiente.

#### H. Formas de Execução da Coleta Seletiva

Abaixo seguem relacionados os modelos mais comuns de execução da coleta seletiva implantados pelos municípios brasileiros. É fundamental ressaltar que, para a realização da coleta seletiva em áreas rurais, é necessário adotar medidas que se ajustem às peculiaridades geográficas do local.

Por exemplo, a acessibilidade em vias não pavimentadas ou estreitas, que não permitem a circulação de veículos de grande porte, requer adaptações que possibilitem que a população realize a separação e destinação dos resíduos de forma indireta.

A seguir são apresentadas algumas formas de execução e segregação dos materiais recicláveis, voltadas para as propriedades rurais, mais comuns nos municípios brasileiros.

- **Pontos de Entrega Voluntária (PEV):** os PEVs são locais de responsabilidade pública ou privada, geralmente implantados em locais de grande circulação de pessoas. Nesta modalidade, o gerador separa os seus resíduos na fonte, comumente em suas residências e os deposita em um dos locais citados acima. Em PEVs de característica privado, o gerador pode solicitar aos responsáveis as evidências de destinação correta dos materiais recicláveis. O ponto ou local de entrega voluntária de resíduos recicláveis é considerado

como um excelente método de Educação Ambiental, pois, desperta na população a consciência sobre a importância de se destinar corretamente os resíduos sólidos.

- Ecoponto: O ecoponto é um local designado onde os residentes podem descartar materiais recicláveis e resíduos orgânicos de suas propriedades, como papelão, plástico agrícola, vidro, restos de poda, entre outros. Esses ecopontos oferecem uma maneira conveniente para os moradores rurais reduzirem o impacto ambiental de suas atividades, promovendo a reciclagem e o manejo adequado dos resíduos, contribuindo para a sustentabilidade local.

A tabela abaixo mostra as vantagens e desvantagens dos principais meios de recolhimento e separação de resíduos recicláveis em áreas rurais.

**Tabela 35 - Vantagens e desvantagens.**

MODALIDADE	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
<b>COLETA SELETIVA PORTA A PORTA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Dispensa o deslocamento das pessoas até um local de entrega voluntária, aumentando a adesão ao programa;</li> <li>2) Facilita a mensuração, identificando os imóveis participantes;</li> <li>3) Otimiza a descarga nos Centros de Triagens de Resíduos Sólidos – CTRS.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Custo elevado de operação, com o aumento da frota necessária para a coleta e de recursos humanos;</li> <li>2) Logística dificultada para propriedades rurais isoladas ou de difícil acesso.</li> </ol>
<b>PONTOS OU LOCAIS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Menor custo para a coleta;</li> <li>2) Induz a população a compreender as diferentes cores dos recipientes – Educação Ambiental;</li> <li>3) Os materiais são encaminhados ao Centro de Triagem já separados;</li> <li>4) Permite a publicidade ou o patrocínio privado;</li> <li>5) Boa qualidade dos resíduos recebidos;</li> <li>6) Aumento da cidadania com a fidelização das pessoas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) É necessário que a população se desloque até os pontos, podendo ocasionar desestímulos ao programa;</li> <li>2) Manutenção periódica dos recipientes, como limpezas e reformas, já que eles se encontram expostos as intempéries e ao vandalismo;</li> <li>3) Capacidade limitada de armazenamento;</li> <li>4) Constante visitas de catadores informais;</li> <li>5) Impedimento da mensuração, não havendo o controle de quais domicílios aderiram ao programa.</li> </ol>
<b>ASSOCIAÇÕES OU COOPERATIVAS DE CATADORES</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Promove a inclusão social através do trabalho e renda;</li> <li>2) Reduz os custos da Prefeitura com a coleta e a triagem dos materiais;</li> <li>3) Maior independência sobre as vulnerabilidades ocorridas na gestão municipal, como troca de governo ou corte em orçamentos;</li> <li>4) Através desta modalidade de execução de coleta seletiva, o município possui prioridades para a obtenção de recursos junto à União.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Comumente estas Associações ou Cooperativas de Catadores preferem materiais de maior valor de mercado;</li> <li>2) Riscos de acidentes de trabalho, com manuseios de prensas e outros tipos de equipamentos mecânicos;</li> <li>3) Alta rotatividade de colaboradores;</li> <li>4) Impedimento da mensuração, não havendo o controle de quais domicílios aderiram ao programa.</li> </ol>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Em relação às associações e cooperativas de catadores, no município de São Pedro, destaca-se a Cooperativa ECOsolidar, que, conforme mencionado na etapa de Diagnóstico, é responsável pelos serviços de coleta seletiva na área urbana. Vale ressaltar que, embora já existam PEVs espalhados pela cidade, a área rural não conta

com nenhum. De acordo com informações obtidas no *site* da Prefeitura Municipal, o município possui seis pontos de entrega voluntária (PEVs) na zona urbana.

Para garantir a universalização da coleta seletiva, é essencial que o município instale mais PEVs ou Ecopontos na área rural, replicando o modelo já adotado na zona urbana. Dessa forma, será possível assegurar que os moradores da zona rural tenham acesso adequado e próximo para a destinação correta dos resíduos recicláveis, promovendo a sustentabilidade e a inclusão no sistema de gestão de resíduos.

Alguns procedimentos e recomendações para a instalação de PEVs são necessários, 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 nas vias de acesso às comunidades rurais;
- 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.

#### 4.4.3. Destinação Final

Neste capítulo, serão discutidas as formas corretas de destinação final para os resíduos sólidos domiciliares e para os resíduos sólidos provenientes da coleta seletiva. O Artigo 3º da Lei nº 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, é fundamental realizar um estudo e análise para avaliar se o atual sistema de gestão e manejo dos resíduos sólidos na área rural de São Pedro, desde sua origem até sua destinação ou disposição final, está em conformidade com as determinações da Lei Federal nº 12.305/2010.

Ademais, existem formas de implantar esse tipo de empreendimento de maneira consorciada, conforme prevê a Lei Federal nº 11.107/2005. Isso permite uma série de vantagens para os municípios, entre elas, o ganho de escala nas operações, caso mais de um município utilize o mesmo local de disposição final. É importante também destacar a necessidade de soluções ambientalmente adequadas para a disposição de outros tipos de rejeitos, como os resíduos da construção civil e os resíduos perigosos.

A possibilidade de implantar outros serviços na mesma área, como centrais de triagem e compostagem, deve ser considerada, pois a implantação dessas estruturas no mesmo ambiente do aterro sanitário otimiza as atividades relacionadas à disposição final dos resíduos, além de reduzir os custos com transporte nas diferentes etapas.

Dessa forma, a tabela abaixo apresenta o tipo de resíduo, sua origem, composição, responsável e a destinação final adequada.

Tabela 36 - Tipos de resíduos, origem e responsabilidade.

Tipo de Resíduo	Origem	Composição	Destinação Final Adequada	Responsável
Resíduos domiciliares	Resíduos sólidos gerados pelas atividades diárias das residências rurais e urbanas.	Resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos orgânicos: compostagem. Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Município
Resíduos da construção civil	Gerados em obras e reformas.	Resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro de resíduos da construção civil.	Gerador
Resíduos agrossilvopastoris	São aqueles gerados por todas as atividades do setor agrossilvopastoris 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

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

## A. Destinação Final dos Resíduos da Coleta Seletiva

No município de São Pedro, a gestão dos materiais provenientes da coleta seletiva é realizada pela Cooperativa ECOsolidar, responsável por garantir o reaproveitamento adequado desses resíduos e promover práticas sustentáveis.

Na área rural, a coleta seletiva enfrenta desafios significativos, especialmente nas regiões mais remotas, onde o acesso é limitado e as propriedades estão dispersas. Atualmente, a ausência de um sistema estruturado de coleta regular resulta em uma dependência de iniciativas informais, realizadas por catadores que recolhem os materiais recicláveis.

Outro ponto importante é que cerca de 64% das propriedades rurais entrevistadas ainda não adotam práticas de separação de resíduos recicláveis, conforme identificado na aplicação dos questionários. Isso reflete a necessidade de ações de conscientização e a ampliação de ecopontos estratégicos, especialmente em áreas onde a coleta porta a porta é inviável. A implantação desses ecopontos pode garantir uma destinação correta e acessível, fortalecendo a participação da população rural no sistema de gestão de resíduos.

Assim, a expansão da infraestrutura de coleta seletiva no município, aliada a campanhas de educação ambiental e parcerias com a Cooperativa ECOsolidar, é fundamental para alcançar a universalização desse serviço. Essas medidas representam passos essenciais para a construção de um modelo de gestão de resíduos mais inclusivo, eficiente e sustentável, beneficiando tanto o meio ambiente quanto a qualidade de vida da população local.

**Figura 129 - Etapas do processo de reciclagem dos materiais.**

	Etapa	Vidro	Papel	Plástico	Metal	
AGREGAÇÃO DE VALOR	Beneficiamento Primário	Separação	Separação	Separação	Separação	
			Prensagem	Prensagem	Prensagem	
			Enfardamento	Enfardamento	Enfardamento	
	Beneficiamento Secundário		Granulação	Trituração	Trituração	Fusão
			Prensagem	Hidratação	Lavagem	Laminação
			Homeogeneização	Purificação	Aglutinação	Extrusão
			Fusão	Geração da polpa	Extrusão	

Fonte: Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM, 2014.

## B. Destinação Final do RDO da Área Rural

Os Resíduos Domiciliares gerados na zona rural do município de São Pedro são coletados em pontos específicos previamente definidos. Após essa coleta, os resíduos são transportados para a Estação de Transbordo, localizada na área urbana do município.

Na Estação de Transbordo, os resíduos são organizados e preparados para o transporte até a Essencial Central de Tratamento de Resíduos Ltda., onde são tratados e destinados de forma adequada, garantindo o cumprimento das normas ambientais e de manejo de resíduos.

### 4.4.4. Resíduos da Construção Civil e Volumosos

De modo geral, os resíduos da construção civil (RCCs) são considerados de baixa periculosidade, embora seu maior impacto esteja relacionado ao grande volume gerado. No entanto, esses resíduos podem conter materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens que acumulam água, favorecendo a proliferação de insetos e outros vetores de doenças.

Conforme o Art. 13 da Lei nº 12.305/2010, os RCCs incluem os resíduos gerados em construções, reformas, reparos e demolições, além dos provenientes da preparação e escavação de terrenos. Esses resíduos são classificados em quatro categorias pela Resolução CONAMA nº 307/2002, de acordo com seu potencial de reciclagem ou reutilização.

Em muitos municípios, os RCCs são frequentemente descartados de forma irregular em bota-foras clandestinos, margens de rios, córregos ou terrenos baldios. Essa prática causa diversos problemas, como proliferação de vetores de doenças, entupimento de galerias e bueiros, assoreamento de cursos d'água, contaminação de águas superficiais e poluição visual.

No município de São Pedro, a disposição inadequada de resíduos da construção civil é uma questão recorrente, especialmente nas áreas rurais, onde o despejo clandestino em vias públicas ou terrenos baldios tem sido um problema, conforme apontado no diagnóstico.

De acordo com o Plano Municipal de Resíduos Sólidos de São Pedro, há uma campanha denominada “Cata-Cacareco”, que atualmente atende a área urbana. Essa

campanha, entretanto, é voltada exclusivamente à coleta de resíduos volumosos, como sofás, camas e guarda-roupas, e não contempla a coleta de resíduos da construção civil (RCCs). Este plano propõe a ampliação desse serviço para atender as áreas rurais, com a realização de coletas de volumosos ao menos uma vez por mês.

Além disso, recomenda-se que o poder público implemente a aplicação de multas aos moradores das áreas rurais flagrados realizando descarte irregular de RCCs. Vale destacar que, atualmente, apenas o Ecoponto localizado na Rua João Nunes de Moraes, nº 700, no bairro Chácara Bela Vista, está habilitado para receber resíduos da construção civil.

Para as propriedades rurais que geram RCCs, é necessário contratar empresas especializadas em locação de caçambas para o armazenamento temporário do entulho, garantindo seu recolhimento e destinação adequada.

#### **4.4.5. Resíduos Agrossilvopastoris e Resíduos da Logística Reversa Obrigatória**

De modo geral, os resíduos da construção civil são considerados de baixa periculosidade, embora seu maior impacto esteja relacionado ao grande volume gerado. No entanto, esses resíduos podem conter materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens que acumulam água, favorecendo a proliferação de insetos e outros vetores de doenças.

Conforme o Art. 13 da Lei nº 12.305/2010, os RCCs incluem os resíduos gerados em construções, reformas, reparos e demolições, além dos provenientes da preparação e escavação de terrenos. Esses resíduos são classificados em quatro categorias pela Resolução CONAMA nº 307/2002, de acordo com seu potencial de reciclagem ou reutilização.

Em muitos municípios, os RCCs são frequentemente descartados de forma irregular em bota-foras clandestinos, margens de rios, córregos ou terrenos baldios. Essa prática causa diversos problemas, como proliferação de vetores de doenças, entupimento de galerias e bueiros, assoreamento de cursos d'água, contaminação de águas superficiais e poluição visual.

No município de São Pedro, a disposição inadequada de resíduos da construção civil é uma questão recorrente, especialmente nas áreas rurais, onde o

despejo clandestino em vias públicas ou terrenos baldios tem sido um problema, conforme apontado no Diagnóstico.

De acordo com o Plano Municipal de Resíduos Sólidos de São Pedro, há uma campanha denominada Cata-Cacareco, que atualmente atende a área urbana. Este plano propõe a ampliação desse serviço para atender as áreas rurais, com a realização de coletas de resíduos volumosos, como sofás, camas e guarda-roupas, ao menos uma vez por mês.

Além disso, recomenda-se que o poder público implemente a aplicação de multas aos moradores das áreas rurais flagrados realizando descarte irregular de RCCs. Vale destacar que, atualmente, apenas o Ecoponto localizado na Rua: João Nunes de Moraes, nº 700, no bairro Chácara Bela Vista, está habilitado para receber resíduos da construção civil.

Para as propriedades rurais que geram RCCs, é necessário contratar empresas especializadas em locação de caçambas para o armazenamento temporário do entulho, garantindo seu recolhimento e destinação adequada.

#### **4.4.6. Medidas de Redução, Reutilização, Coleta Seletiva e Reciclagem, entre outras, com vistas a Reduzir a Quantidade de Rejeitos Encaminhados para Disposição Final Ambientalmente Adequada**

Para iniciar um projeto que estruture a redução, a reutilização, a coleta seletiva e a reciclagem, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para a Essencial Central de Tratamento de Resíduos Ltda, é necessário uma série de procedimentos específicos à gestão, para propiciar uma política sustentável e que possa fornecer a população local uma série de benefícios contemplando os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Desta forma, seguem os capítulos abaixo com as etapas essenciais para atingir a meta de redução de envio de rejeitos, relacionado aos resíduos recicláveis e aos resíduos orgânicos. Pois, a gestão eficiente destes dois tipos de resíduos aumentará a vida útil do local de destinação.

##### **A. Resíduos Recicláveis**

Com o objetivo de reduzir o volume de rejeitos encaminhados para disposição final, foram estabelecidas as seguintes metas relacionadas aos resíduos recicláveis:

- 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.

Por meio dos procedimentos mencionados, é possível assegurar o bom funcionamento do projeto, garantindo uma coleta seletiva eficiente. Ressalta-se que etapas complementares podem ser incorporadas e outras formas de gestão podem ser adaptadas para atender às necessidades específicas.

No entanto, observa-se que o município de São Pedro ainda carece de uma estrutura consolidada de coleta seletiva voltada às propriedades rurais. As propostas apresentadas neste capítulo buscam fomentar a criação, a ampliação e o aprimoramento desse sistema, cabendo ao poder público avaliar e implementar as ações mais adequadas.

## B. Resíduos Orgânicos

O manejo dos resíduos orgânicos ganha destaque neste Plano devido ao impacto positivo que uma gestão eficiente pode proporcionar ao município, como a economia de recursos por meio do aumento da vida útil do aterro sanitário. Programas que incentivem a agricultura familiar podem incorporar o uso dos produtos da compostagem, que podem ser aproveitados nas produções agrícolas das propriedades rurais.

Entre os principais benefícios da compostagem estão: a redução do volume de resíduos enviados ao aterro, a diminuição do potencial de geração de gases e da carga orgânica nos líquidos lixiviados, a eliminação de patógenos e sementes de ervas daninhas, além da produção de composto orgânico que melhora a estrutura do solo. Essa melhoria contribui para a redução de processos erosivos e aumenta a eficiência na absorção de fertilizantes minerais.

Além disso, a gestão de resíduos orgânicos não se restringe aos restos de alimentos provenientes das residências, mas também inclui os resíduos gerados por podas e capinas em áreas agrícolas. Esses materiais geram grandes volumes de massa verde, que podem sobrecarregar os locais de destinação final, reforçando a necessidade de adotar soluções específicas e integradas para seu manejo.

Sendo assim, abaixo seguem as metas relacionadas aos resíduos orgânicos.

- Implementação de programas de educação ambiental nas comunidades rurais para conscientização sobre a importância do manejo adequado dos resíduos orgânicos e técnicas de compostagem;
- Incentivo à criação de minhocários para a compostagem de resíduos orgânicos, oferecendo uma alternativa sustentável para o tratamento desses materiais;

- Método “Super R” (composteira caseira): a compostagem ocorre em recipientes fechados, com pequenos orifícios laterais para circulação de oxigênio, permitindo otimizar o tempo de decomposição dos resíduos orgânicos para produção do adubo, sem riscos de atrair roedores e insetos, além de inibir o reviramento da mistura por animais domésticos. Essa alternativa é ideal para ser aplicada em residências e escolas, principalmente para quem está iniciando a aprendizagem sobre compostagem;
- Estímulo à prática da agricultura orgânica, utilizando adubos provenientes da compostagem de resíduos orgânicos para fertilizar as plantações, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos;
- Apoio à criação de sistemas de produção integrada, onde os resíduos orgânicos gerado nas residências são reaproveitados na alimentação animal, contribuindo para o fechamento do ciclo de nutrientes e redução do desperdício.

Figura 130 – Método “Super R” de compostagem (composteira doméstica).



Fonte: Revista Galileu, 2014.

#### 4.4.7. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Manejo dos Resíduos Sólidos na Área Rural

Tabela 37 - Ações de Emergência e Contingência - Resíduos Sólidos.

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA		
SETOR	3	GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Paralisação dos serviços de coleta de resíduos domiciliares	Greve dos funcionários dos serviços de coleta de resíduos domiciliares e da Prefeitura Municipal ou outro fator administrativo	Acionar funcionários e veículos da Prefeitura e da Secretaria de Obras, Meio Ambiente e Serviços Públicos, para efetuarem a coleta de resíduos em locais críticos.
		Realizar campanha de comunicação visando a mobilização da sociedade rural para o manejo de seus resíduos domiciliares.
		Contratar empresas especializadas em caráter emergencial para coleta de resíduos.
		Negociação da Prefeitura/empresa com os trabalhadores.
		Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias.
Paralisação dos serviços de segregação de resíduos recicláveis e/ou coleta seletiva	Greve ou problemas operacionais da cooperativa responsável pela coleta e triagem dos resíduos recicláveis	Acionar funcionários da Prefeitura e da Secretaria de Obras, Meio Ambiente e Serviços Públicos, para efetuarem esses serviços.
		Realizar campanha de comunicação visando mobilizar a sociedade rural para entrega voluntária dos resíduos recicláveis ao ecoponto mais próximo.
		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.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

#### 4.4.8. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos da Área Rural

Os objetivos, programas, projetos e ações para atingir tanto a universalização como a qualidade dos serviços relacionados ao sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos da área rural do município de São Pedro 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 PMSR.

##### 4.4.8.1. Objetivo 1 – Aprimoramento da Coleta Convencional de RDO

Conforme relatado na etapa de Diagnóstico e no presente produto, algumas propriedades rurais do município de São Pedro estão estabelecidas em áreas isoladas, tornando a ida dos caminhões e veículos de coleta para estes locais inviável.

Como solução, a Prefeitura Municipal deverá dispor nas áreas rurais alguns pontos de caçamba para a disposição temporária desses resíduos. Entretanto, conforme relatado nas análises amostrais apresentadas no Produto 4, muitos moradores enfrentam dificuldades para acessar estes dispositivos, seja pela distância ou pela quantidade de materiais dispostos em um só ponto, ocasionando em transbordamento e lixos espalhados no entorno.

Na zona rural de São Pedro, atualmente existem poucas caçambas destinadas ao acondicionamento adequado de resíduos. Essa ausência tem gerado a necessidade de deslocamento até áreas urbanas para descarte, o que dificulta a gestão eficiente dos resíduos na região.

Para solucionar essa questão, este plano propõe a instalação de 19 novos pontos de caçambas em locais estratégicos da zona rural, visando atender as demandas locais e reduzir as distâncias percorridas pelos moradores para realizar o descarte. Os bairros indicados para receberem as novas caçambas são:

- 03 - Assentamento Rosa de Saron
- 02 - Bairro dos Gomes
- 02 - Bairro dos Veronenses
- 02 - Estrada do Palmital
- 02 - Família Dorigon
- 02 - Família Santo André
- 03 - Rancho Tanquã
- 03 - Rancho Tanquã 2

Essa iniciativa busca promover uma gestão mais eficiente dos resíduos sólidos, diminuindo os impactos ambientais e sociais causados pelo descarte irregular.

Tabela 38 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
OBJETIVO	1	MANUTENÇÃO E APRIMORAMENTO DA COLETA CONVENCIONAL DE RDO NA ÁREA RURAL				
FUNDAMENTAÇÃO	Atualmente, o município realiza a coleta convencional de resíduos nas propriedades rurais. No entanto, o serviço não alcança todas as comunidades, obrigando os moradores a transportarem os resíduos até a caçamba mais próxima, levá-los para a área urbana ou descartá-los de forma inadequada. Além disso, os pontos de descarte disponíveis frequentemente não suportam a demanda da região, reforçando a necessidade de aumentar a quantidade de caçambas ou ampliar sua capacidade de armazenamento.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Cobertura da coleta nas comunidades rurais atendidas, ampliação da instalação de dispositivos de armazenamento temporário para resíduos e envolvimento populacional no descarte correto.					
METAS						
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS		
1) Implantação de novas caçambas em comunidades não atendidas; 2) Aquisição de veículos menores para a coleta em locais de difícil acesso; 3) Educação Ambiental visando a disposição adequada dos resíduos para coleta.		3) Estudo de viabilidade para implementação de ATT na Zona rural de São Pedro; 4) Atingir 50% da Coleta Convencional nas áreas que não possuíam.		5) Atingir e manter 100% da coleta convencional nas áreas rurais; 6) Fornecer, se necessário, manutenção nas caçambas instaladas.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO				POSSÍVEIS FONTES	MEMORIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.1.1	Implantação de 30 novas caçambas distribuídas nas comunidades rurais.	R\$165.000	-	-	RP – FPU	Custo estimado da unidade (R\$5.500,00) x Número de unidades (19)
3.1.2	Estudo para implantação de uma Área de Transbordo na zona rural.	-	-	-	AA - RP	
3.1.3	Estudo de viabilidade para aquisição de veículos de pequeno porte para a coleta de resíduos, como por exemplo um Trator coletor com reboque.	-	-	-	RP – FPU	Preço varia de acordo com a região e o modelo
3.1.4	Educação Ambiental voltada a população rural, visando a correta disposição de RDO para a coleta, onde atualmente encontram-se dispostos no chão ou são destinados de forma irregular.	-	-	-	AA - RP	
<b>TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES</b>		<b>R\$165.000</b>	<b>R\$0,00</b>	<b>R\$0,00</b>	<b>TOTAL DO OBJETIVO</b>	<b>R\$165.000</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

#### 4.4.8.2. Objetivo 2 – Aprimoramento da Gestão de Resíduos da Construção Civil, Volumosos e Recicláveis

O município de São Pedro, na área urbana, conta com programas que incentivam o descarte adequado de resíduos da construção civil e materiais volumosos, como a campanha "Cata-Cacareco" que recolhe materiais volumosos e o ecoponto, que permite a disposição de entulho por pequenos geradores. No entanto, alguns problemas são observados nas áreas rurais, onde o descarte inadequado desses resíduos é uma prática recorrente.

A principal motivação para o descarte irregular de resíduos de construção civil é evitar o pagamento das taxas associadas ao recolhimento e armazenamento adequado desses materiais. Esse cenário evidencia a necessidade urgente de adotar medidas que promovam a conscientização ambiental, o cumprimento da legislação vigente e a criação de estruturas adequadas para a destinação correta dos RCC, como, por exemplo, a implantação de um ecoponto exclusivo para a área rural ou nas proximidades. Este ecoponto, além de receber RCC, também deve ser um ponto de coleta de resíduos recicláveis, incentivando a segregação adequada e o reaproveitamento desses materiais.

Para apoiar essa iniciativa, é essencial realizar campanhas de educação ambiental que instruem a população sobre a importância da separação dos materiais recicláveis dos resíduos destinados ao aterro sanitário. Essas campanhas devem reforçar os benefícios ambientais e econômicos da reciclagem e esclarecer os procedimentos corretos para o descarte, contribuindo para a redução do volume de resíduos enviados ao aterro.

Para atingir esses objetivos, propõe-se ampliar a abrangência dos serviços do "Cata-Cacareco" para as comunidades rurais, com frequência mínima de uma vez por mês. Além disso, será necessário disponibilizar empresas de caçamba para o armazenamento temporário e recolhimento do entulho, com a contribuição financeira para as propriedades de baixa renda, evitando que os moradores recorram ao descarte clandestino.

Tabela 39 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
OBJETIVO	2	GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E VOLUMOSOS				
<b>FUNDAMENTAÇÃO</b>	São Pedro possui programas voltados ao descarte adequado de resíduos na área urbana, mas essas iniciativas não abrangem a zona rural, onde há descarte clandestino de móveis e entulhos. Para solucionar isso, é necessário incentivar o manejo correto de resíduos da construção civil, integrar a coleta seletiva para reciclagem e implementar fiscalização com aplicação de multas, além de promover campanhas educativas para conscientizar a população.					
<b>MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)</b>	Redução do número de RCC destinado em local inapropriado; Autuações administrativas em caso de flagrante e registro de denúncias de descarte irregular e o número de material reciclável coletado adequadamente.					
METAS						
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS		
1) Fortalecer a fiscalização no combate ao descarte inadequado de RCC; 2) Criação de rota para a campanha "Cata-Cacareco" na área rural; 3) Instalação de ecopontos ou locais apropriados para o recebimento do RCC e materiais recicláveis.		4) Manter fiscalização no combate ao descarte inadequado; 5) Manter mensalmente a campanha "Cata-Cacareco" na área rural; 6) Realizar manutenções, se necessário, nos ecopontos disponibilizados.		7) Manter fiscalização no combate ao descarte inadequado; 8) Manter mensalmente a campanha "Cata-Cacareco" na área rural;		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMORIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.2.1	Promover ações de Educação Ambiental para incentivar o uso adequado dos ecopontos e destacar a importância da destinação correta dos materiais recicláveis.	-	-	-	RP	-
3.2.2	Criar e implementar uma rota de coleta regular de resíduos volumosos na área rural de São Pedro.	R\$ 720.000,00	-	-	RP	Custo estimado para caminhão do tipo Roll On/Off – Caminhão VOLVO VMZ 290 6x4
3.2.3	Aumentar a fiscalização de descarte inadequado em áreas rurais e aplicação de multas.	-	-	-	RP	-

3.2.4	Estudo para implantação de Ecopontos voltados para o armazenamento de RCC e de materiais recicláveis das comunidades rurais.	R\$ 133.378,00	-	-	RP - FPU	Ecoponto pequeno de caráter rural, com infraestrutura básica (pátio com caçamba, cerca simples, piso com brita, limpeza de terreno e sinalização simples) – referências com valor já executados – Ecoponto do bairro Ponto Novo – Aracaju SE
<b>TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES</b>		<b>R\$ 853.378,00</b>	<b>R\$0,00</b>	<b>R\$0,00</b>	<b>TOTAL DO OBJETIVO</b>	<b>R\$ 853.378,00</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

#### 4.4.9. Análise Econômica

A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

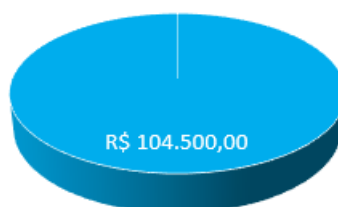
Tabela 40 - Análise de investimento no Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
SISTEMA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS				
OBJETIVOS				TOTAL GERAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	
MANUTENÇÃO E APRIMORAMENTO DA COLETA CONVENCIONAL DE RDO NA ÁREA RURAL	R\$ 165.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	<b>R\$165.000,00</b>
GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E VOLUMOSOS	R\$ 853.378,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	<b>R\$ 853.378,00</b>
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>R\$ 1.018.378,00</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>R\$1.018.378,00</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 51 - Investimentos por prazo de execução.

#### Despesas por Prazo de Execução



■ CURTO ■ MÉDIO ■ LONGO

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

#### 4.5. Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais

As medidas de correção e prevenção na rede de drenagem englobam ações estruturais e não estruturais que, juntas, visam minimizar os impactos causados por problemas nessa infraestrutura.

As medidas estruturais envolvem intervenções físicas que corrigem ou previnem falhas na drenagem, enquanto as não estruturais buscam reduzir riscos e

consequências por meio de iniciativas como a regulamentação do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população sobre a importância da manutenção dos dispositivos.

A integração dessas medidas é essencial para garantir a eficiência do sistema de drenagem e promover uma gestão mais resiliente e sustentável, adaptada às necessidades do território.

#### 4.5.1. Medidas Estruturais

##### A. Medidas de Controle para Redução do Assoreamento

Os impactos das ações humanas sobre o ambiente natural podem ser avaliados pela análise do ciclo hidrológico. Os meios naturais têm sua forma e dinâmica influenciadas, sobretudo, pela ação das águas, entre outros condicionantes físicos.

No meio rural, diversas atividades alteram os padrões de escoamento da água e geram distúrbios ambientais, como erosões e o assoreamento de corpos hídricos. Exemplos dessas práticas incluem a abertura de estradas de terra, a remoção de vegetação nativa, a criação de gado e o uso de maquinários agrícolas, que frequentemente levam à compactação do solo.

O assoreamento é caracterizado pelo acúmulo de sedimentos nos leitos de rios e cursos d'água, um processo que resulta na degradação desses sistemas hídricos. Entre os principais impactos ambientais causados por esse fenômeno, destaca-se o surgimento de bancos de areia nas áreas de drenagem, o que altera o curso dos rios ou, em casos extremos, reduz significativamente sua vazão ou os leva à extinção (PENA, 2021).

A intensificação da erosão do solo é a principal causa do assoreamento, resultado do transporte de sedimentos superficiais pela água das chuvas até os cursos d'água. Esse processo é agravado por atividades humanas, especialmente a remoção da vegetação nativa, que desempenha papel essencial na contenção dos sedimentos ao proteger o solo e dificultar seu deslocamento para os rios.

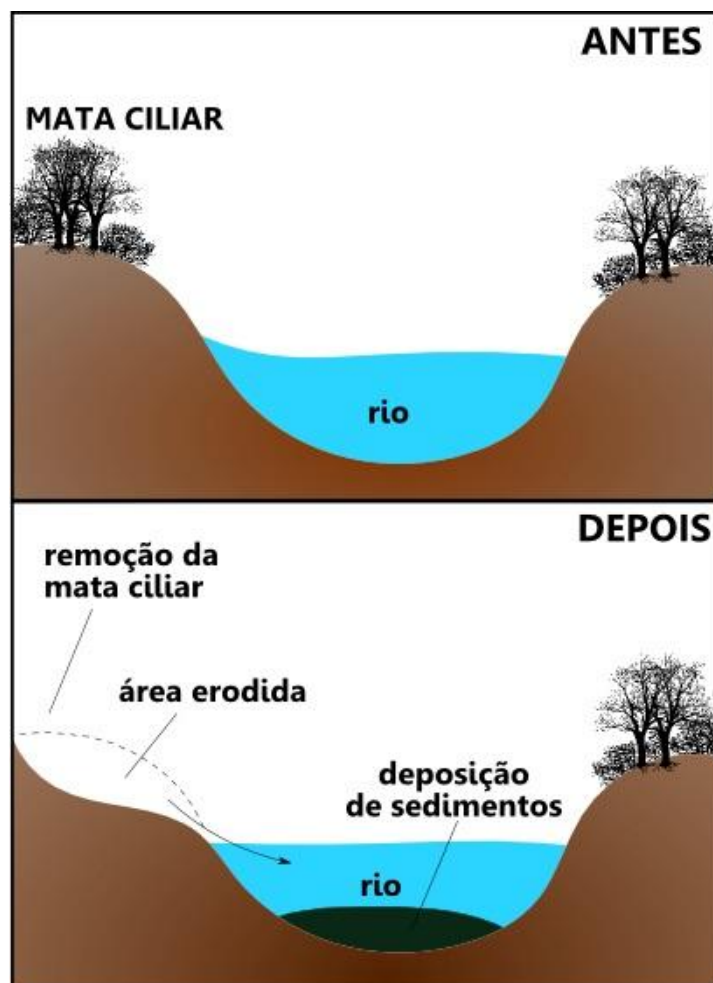
O combate ao assoreamento é necessário para evitar problemas relacionados à drenagem. Para isso, o poder público, em parceria com governos e outros atores responsáveis, deve planejar e executar obras de controle da erosão do solo que

abrangem toda a bacia hidrográfica, garantindo soluções efetivas e integradas para conter o problema.

Entre as medidas preventivas, destaca-se o reflorestamento das áreas de bacia, que não só reduz a erosão, mas também minimiza o impacto das chuvas diretamente sobre o solo. Essa estratégia aumenta o tempo de concentração da bacia, diminuindo os picos de cheias e promovendo maior estabilidade ambiental (BARBOSA, 2006).

É importante ressaltar que o combate ao assoreamento só será plenamente eficaz quando acompanhado de ações preventivas, como a contenção do desmatamento nas margens dos cursos d'água e em toda a bacia hidrográfica. Essas ações visam reduzir a quantidade de sedimentos gerados durante os períodos chuvosos e minimizar os impactos da erosão fluvial (PENA, 2021).

Figura 131 - Esquema do processo de assoreamento.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

No município de São Pedro, foram identificados problemas relacionados à erosão do solo na área rural. De acordo com a análise amostral apresentada na etapa de Diagnóstico, apenas 10% das propriedades entrevistadas relataram a presença de erosões nas proximidades de suas residências, sendo os aglomerados: Bar do Neguinho, Bairros dos Gomes e Bairro Veronezes.

No entanto, ao longo dos anos, é possível que ocorram novos episódios isolados de erosão, especialmente em áreas com declividade acentuada e ausência de vegetação. Além disso, a falta de dispositivos de drenagem na maioria das vias rurais do município contribui para o agravamento dos problemas. Em dias de chuva, a ausência desses sistemas pode danificar as estradas, dificultando o fluxo de veículos e prejudicando a mobilidade na região.

## B. Reservatórios e Bacias de Retenção ou Detenção

As bacias de retenção e detenção desempenham um papel essencial como depósitos para armazenar o excedente de água e sedimentos, especialmente provenientes de vias secundárias. Além disso, promovem a infiltração da água no solo e reduzem a velocidade do escoamento superficial, configurando-se como um dos métodos mais eficazes para o controle do escoamento em áreas rurais.

Essencialmente semelhantes a reservatórios, essas bacias são compostas por áreas escavadas com o propósito principal de conter fluxos de água pluvial excedente em propriedades ou vias rurais, ao mesmo tempo em que facilitam a captação da água que escoar. Ademais, desempenham um papel importante na recarga de aquíferos subterrâneos.

Conforme apontado por autores citados em Canholi (1995), como Walesh (1989), Urbonas (1991), Lazaro (1990) e ASCE (1989), há distinções entre bacias de detenção e retenção. As bacias de detenção são projetadas para armazenar temporariamente os escoamentos de drenagem, permanecendo geralmente secas durante períodos de estiagem e retendo água apenas durante e após chuvas.

Já as bacias de retenção são reservatórios de superfície que mantêm permanentemente um volume substancial de água, servindo a finalidades recreativas, paisagísticas ou de abastecimento. Por sua vez, as bacias de sedimentação têm como principal função reter sólidos em suspensão, detritos e poluentes transportados pelo escoamento superficial (Canholi, 1995).

A seguir, apresenta-se um exemplo de bacia aplicada para a contenção do escoamento pluvial em áreas rurais, utilizando-se escavações de diversos "piscinões" ao longo de uma estrada de terra.

**Figura 132 - Exemplo de bacia de detenção em área rural.**



Fonte: Narciso, José, 2011.

### C. Recuperação de Matas Ciliares a APP's

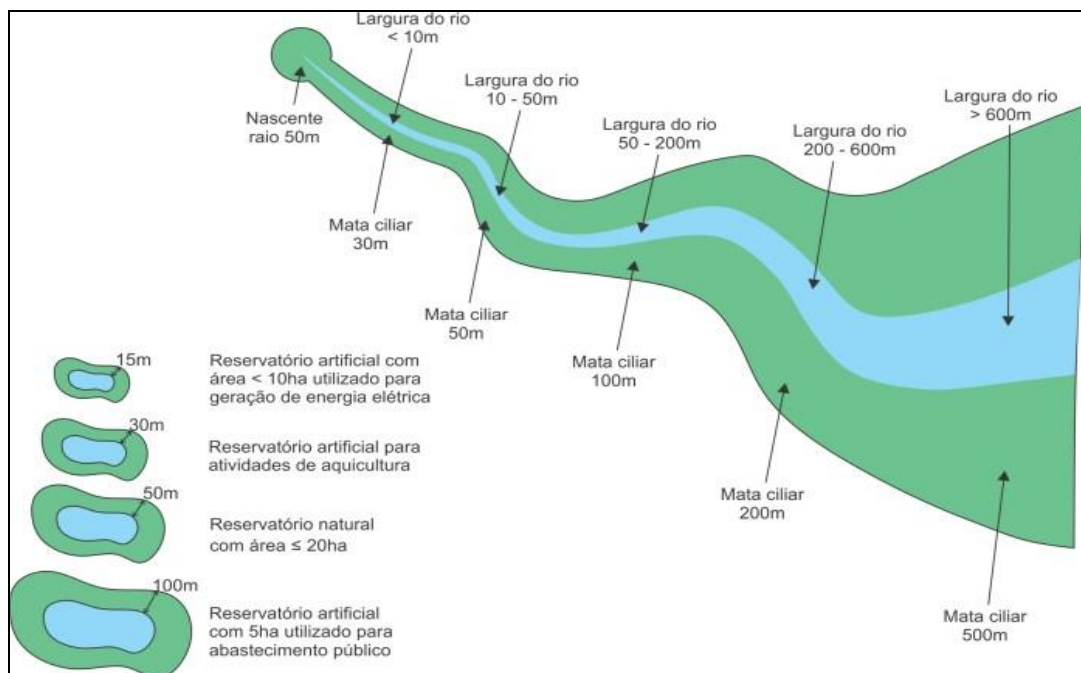
Uma das estratégias mais eficazes para mitigar problemas associados aos corpos hídricos, como assoreamento, erosão das margens e poluição das águas, é a recuperação das matas ciliares em conformidade com a legislação vigente para Áreas de Preservação Permanente (APP). Nesse contexto, destaca-se a Lei nº 12.651/2012, que regula a proteção da vegetação nativa no Brasil.

A recuperação dessas áreas deve observar rigorosamente os critérios estabelecidos na legislação, especialmente no que se refere à largura das faixas de proteção, que varia de acordo com a dimensão do leito do curso d'água. Essas faixas desempenham um papel essencial na estabilização das margens, na redução do aporte de sedimentos e poluentes nos corpos hídricos e na preservação da biodiversidade local.

Conforme ilustrado na figura abaixo, a relação entre a largura do leito do rio e o tamanho da APP é claramente definida pela Lei. Por exemplo, rios com leitos menores exigem faixas de proteção mais estreitas, enquanto cursos d'água de maior dimensão demandam faixas mais amplas, visando garantir uma maior eficácia na proteção ambiental.

Além disso, é importante considerar o uso de espécies nativas no processo de restauração, uma vez que essas plantas são mais adaptadas às condições locais, promovem maior estabilidade ecológica e facilitam a regeneração natural. A recuperação das matas ciliares não só contribui para a conservação dos recursos hídricos, mas também para o equilíbrio do ciclo hidrológico e a melhoria da qualidade de vida das comunidades dependentes desses sistemas.

Figura 133 - Demonstração das faixas de App's de acordo com o código florestal.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

Na área rural do município de São Pedro, a remoção da mata nativa está frequentemente associada às atividades agrícolas, como a ampliação das áreas de plantio ou a abertura de pastagens para a criação de animais.

Embora, em alguns casos, outras espécies vegetais tenham sido introduzidas em substituição à vegetação nativa, essa substituição não é capaz de replicar completamente os benefícios proporcionados pelo ecossistema original. A remoção da vegetação nativa reduz significativamente a capacidade de infiltração e armazenamento de água pelas raízes das plantas, o que, por sua vez, resulta em um aumento no fluxo de escoamento superficial.

Esse processo acarreta diversas consequências ambientais, como a intensificação da erosão, o assoreamento de corpos hídricos e a diminuição da disponibilidade de água subterrânea. A preservação e recuperação da vegetação

nativa são, portanto, medidas indispensáveis para garantir o equilíbrio ambiental e a sustentabilidade hídrica na região.

#### D. Paliçadas para o Controle Erosivo

As paliçadas são dispositivos que combinam funções semelhantes às dos dissipadores de energia e das bacias de retenção. Elas atuam reduzindo a velocidade do escoamento superficial e ajudando a conter o volume de água escoado.

Esses dispositivos são compostos por estacas, geralmente de bambu ou madeira, fincadas no solo para formar uma barreira. Essa barreira retém os sedimentos transportados pelo escoamento pluvial, contribuindo para a contenção do processo erosivo. A retenção dos sedimentos promove, ao longo do tempo, a formação de terraços e plataformas, que potencializam ainda mais o controle da erosão e reduzem a velocidade da água.

Em algumas situações, espécies vegetais são estrategicamente plantadas entre as estacas, oferecendo benefícios adicionais ao controle da erosão, tais como:

- **Estabilização do solo:** As raízes das plantas ajudam a ancorar o solo, aumentando sua coesão e resistência à erosão. Isso é especialmente importante em encostas ou margens de rios onde o solo pode estar sujeito a movimentos de massa;
- **Melhoria da biodiversidade:** A introdução de vegetação em áreas de controle de erosão promove a diversidade biológica, fornecendo habitat e alimento para diversas espécies de fauna, incluindo insetos, pássaros e pequenos mamíferos;
- **Controle de água:** As plantas ajudam a absorver a água do solo e reduzir a velocidade do escoamento superficial, o que contribui para minimizar a erosão. Além disso, as raízes das plantas ajudam a infiltrar a água no solo, reduzindo o escoamento superficial;
- **Estética:** A vegetação pode melhorar a estética da área, tornando as estruturas de controle de erosão mais visualmente agradáveis e integradas ao ambiente natural circundante.

A seguir são apresentados exemplos da aplicação de paliçadas para o controle de processos erosivos.

Figura 134 - Exemplo de aplicação de paliçadas.



Fonte: EMBRAPA, 2009.

#### 4.5.2. Medidas Não Estruturais

As medidas estruturais, por si só, geralmente não são suficientes para oferecer proteção total contra enchentes, pois o objetivo é resistir à maior enchente possível. Em contraste, as medidas não-estruturais, quando combinadas com as estruturais ou adotadas isoladamente, podem reduzir significativamente os danos, com um custo mais baixo.

As medidas não-estruturais não alteram diretamente o regime de escoamento das águas pluviais. Elas consistem principalmente em soluções indiretas, como, por exemplo, aquelas voltadas para o controle do uso e ocupação do solo em áreas de várzea e bacias hidrográficas, ou para a redução da vulnerabilidade das populações em áreas de risco de inundações.

Essas medidas envolvem aspectos culturais e demandam a participação ativa da comunidade, sendo essenciais para sua implementação. Além disso, o investimento necessário para sua aplicação é geralmente leve, concentrando-se principalmente em ações de conscientização e educação ambiental. O objetivo das medidas não-estruturais é promover uma convivência mais segura e adaptada da população com as enchentes, adotando uma abordagem preventiva.

## A. Medidas de Controle para Reduzir o Lançamento de Resíduos nos Corpos D'água

A falta de investimento em saneamento básico, aliada a problemas no tratamento de águas, à perda da vegetação nas margens de rios, ao descarte inadequado de resíduos e ao consumo excessivo de produtos plásticos, torna a recuperação das águas ao redor do mundo um desafio muito maior do que imaginamos.

Uma pesquisa realizada pela Organização das Nações Unidas, em 2010, revelou que, para cada mil litros de água consumidos pelo ser humano, há 10 mil litros de água que se tornam inutilizáveis devido à poluição (BANDEIRA, 2018).

Segundo Bandeira (2018), a maior parte da poluição hídrica decorre da falta de saneamento básico, o que torna fundamental que os governos municipais e federais criem programas eficientes para fiscalizar tanto os serviços de saneamento quanto a qualidade da água. No entanto, existem pequenas ações que podem ser adotadas para reduzir a quantidade de resíduos nos 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.

## B. Educação Ambiental

De maneira geral, a educação ambiental abrange todos os aspectos relacionados à infraestrutura de águas pluviais (drenagem) e deve ser implementada em todos os níveis educacionais, de forma interdisciplinar e holística. Essa abordagem assegura que os indivíduos desenvolvam uma visão crítica sobre seu papel na sociedade e na proteção do meio ambiente.

No contexto específico da drenagem pluvial em áreas rurais, é essencial realizar ações contínuas e pontuais de educação ambiental, com o objetivo de conscientizar e sensibilizar a população sobre o impacto de suas ações e escolhas no cenário municipal.

A abordagem educativa precisa ser adaptada ao público-alvo, e as ações devem ir além dos ambientes formais de ensino, alcançando toda a comunidade. Alguns dos principais temas de educação ambiental a serem abordados no contexto da drenagem pluvial incluem:

- O ciclo da água;
- O conceito de bacia hidrográfica;
- Escoamento superficial;
- Impactos das atividades agropecuárias 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;
- A necessidade de se manter áreas permeáveis nas propriedades;
- Medidas de contenção e mitigação de escoamentos superficiais na fonte;
- Captação e utilização de águas pluviais.

#### **4.5.3. Ações de Emergência e Contingência**

Áreas com sistemas de drenagem ineficientes, emissários e dissipadores de energia inadequados podem causar diversos problemas, como erosões, assoreamentos e alagamentos, comprometendo a eficácia e a qualidade dos serviços de drenagem. Nesses casos, torna-se fundamental a adoção de medidas emergenciais e de contingência para lidar com ocorrências atípicas e minimizar os impactos dessas situações.

A tabela a seguir apresenta as possíveis medidas a serem adotadas em situações de falhas no sistema de drenagem:

**Tabela 41 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos.**

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL		
<b>SETOR</b>	<b>4</b>	<b>DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.</b>
<b>OBJETIVO</b>	<b>1</b>	<b>ALTERNATIVAS PARA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS COM PROCESSOS EROSIVOS PROVENIENTES DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL.</b>
<b>METAS</b>	<b>Criar e implantar sistema de controle e recuperação de processos erosivos.</b>	
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Processos erosivos.	Inexistência ou ineficiência de dispositivo de drenagem em vias rurais.	Elaborar e implantar dispositivos, iniciando pelas áreas, comunidades e propriedades mais afetadas por processos erosivos.
	Inexistência ou ineficiência de dissipadores de energia.	Recuperar e readequar os dissipadores de energia existentes.
		Recompor APP dos principais cursos hídricos, principalmente aqueles com maior remoção de vegetação nativa.
Inexistência de APP/áreas desprotegidas.		Ampliar a fiscalização e o monitoramento das áreas de recomposição de APP.
		Executar obras de contenção de taludes.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

#### 4.5.4. Objetivos, Programas, Projetos e Ações

Conforme evidenciado na etapa de Diagnóstico, particularmente na análise crítica do sistema de drenagem pluvial na área rural de São Pedro, observou-se que alguns pontos da região são suscetíveis a alagamentos e empoçamentos. Simultaneamente, a adesão da população rural do município à implementação de dispositivos de aproveitamento de águas pluviais ainda é baixa, sendo necessário um incentivo por parte do Poder Público para promover a adoção desses dispositivos.

Como medida para enfrentar esses problemas, propõe-se a reestruturação e instalação de dispositivos de drenagem nas principais vias rurais não pavimentadas, com destaque para aquelas com potencial turístico e para as de grande circulação ou escoamento de produção. O objetivo é garantir a circulação segura de veículos e pessoas, especialmente em períodos de chuvas intensas. Nesse sentido, sugere-se a adesão ao Programa Melhor Caminho, que oferece suporte técnico e financeiro para a recuperação e manutenção das estradas rurais, promovendo a melhoria da infraestrutura e a qualidade do transporte no meio rural.

Adicionalmente, será dada prioridade à revitalização das pontes em estado precário, conforme identificado pelos moradores, bem como à identificação de locais sujeitos a deslizamentos. Nessas áreas, serão realizadas ações de revegetação ou aplicação de biomantas para estabilizar o solo e prevenir novos deslizamentos ou processos erosivos avançados.

#### **4.5.4.1. Objetivo 1 – Ações estruturais que minimizem os problemas no sistema de drenagem pluvial**

As ações estruturais previstas foram selecionadas com o objetivo de conter os pontos de empoçamento e alagamento identificados na análise amostral apresentada na etapa de diagnóstico, além de promover a recuperação e revegetação das áreas afetadas por processos erosivos.

Em relação às vias de acesso à área rural do município, moradores relataram dificuldades com a conservação das estradas, especialmente as municipais e de servidão. Nesse sentido, recomenda-se a identificação dos pontos críticos e a revitalização das vias, com foco na melhoria da infraestrutura de transporte. Uma sugestão importante é a adesão ao Programa Melhor Caminho, que oferece apoio técnico e financeiro para a recuperação e manutenção das estradas rurais, contribuindo para a melhoria das condições de trafegabilidade e acesso.

Além disso, sugere-se a realização de um estudo de viabilidade para a pavimentação das principais vias com potencial turístico e das vias de grande circulação ou escoamento de produção, outro método adotado por outros municípios é a prática de triturar os Resíduos da Construção Civil e despejar o material nas estradas danificadas. O objetivo é garantir a circulação segura de veículos e pessoas, promovendo a conectividade e o desenvolvimento local. A pavimentação dessas vias poderá ser viabilizada por meio de parcerias entre o setor público e privado ou com a utilização de financiamentos específicos.

Tabela 42 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS				
OBJETIVO	1	IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL				
FUNDAMENTAÇÃO	Na área rural de São Pedro, foram identificadas propriedades com problemas de alagamento e empoçamento durante as chuvas, exigindo medidas estruturais para conter enxurradas e escoamento superficial. Também foram observados pontos erosivos perto das residências, que necessitam de recuperação. Quanto às vias de acesso, moradores relataram problemas em pontes rurais, recomendando a identificação e adequação desses pontos, além de estudar a pavimentação das principais vias, incluindo as de potencial turístico.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Índice de inundação; Índice de erosão do solo e Índice de áreas recuperadas.					
METAS						
CURTO PRAZO - 1 A 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS		
1) Implantação de dispositivos de controle de drenagem (bacia de contenção) em vias não pavimentadas; 2) Identificação de pontes rurais danificadas; 3) Elaboração de estudo para pavimentação das principais vias rurais do município. 4) Identificação dos locais susceptíveis a deslizamento ou erosão.		5) Manter o controle de drenagem nas vias rurais do município; 6) Recuperar 60% das áreas que necessitam de melhorias;		7) Manter o controle de drenagem nas vias rurais do município; 8) 100% das áreas recuperadas.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
4.1.1	Implantação de bacias de contenção nas vias rurais não pavimentadas visando a diminuição dos empoçamentos e alagamentos	-	-	-	RP - FPU	-

4.1.2	Estudo para parcerias com instituições como o Programa Melhor Caminho	-	-	-	FPR – FPU - RP	-
4.1.3	Aquisição de Britador para reaproveitar os resíduos do Aterro de RCC e melhorar as condições das estradas.	R\$ 800.000,00				Preço médio do britador móvel no site MF Rural – Modelo KE1100-1
4.1.3	Distribuição de RCC triturado em áreas suscetíveis a atolamento e manutenção periódica nas estradas com maior movimentação.	-	-	-	RP - FPU	-
<b>TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES</b>		R\$ 800.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	<b>TOTAL DO OBJETIVO</b>	<b>R\$ 800.000,00</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

#### 4.5.4.2. Objetivo 2 – Ações Não Estruturais que Minimizem os Problemas no Sistema de Drenagem Pluvial

As ações não estruturais correspondem a medidas que não envolvem a construção de infraestrutura física, como canais de drenagem, bacias de retenção ou sistemas de escoamento de águas pluviais. Em vez disso, essas ações estão focadas em iniciativas de conscientização, educação, planejamento e gestão, que buscam mitigar os problemas relacionados à drenagem pluvial de forma indireta e sustentável.

A tabela a seguir apresenta uma síntese do Objetivo 2, destacando suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações necessárias para alcançá-las, os investimentos previstos e os métodos de acompanhamento para monitorar sua implementação.

Tabela 43 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS				
OBJETIVO	2	IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL				
FUNDAMENTAÇÃO	As medidas não estruturais priorizam a conscientização e a participação comunitária, incentivando a adoção de dispositivos de captação de águas pluviais nas residências rurais de São Pedro. Também incluem um programa de manutenção das estruturas de drenagem e o engajamento da população no cuidado e preservação dessas soluções.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Implementação da ação.					
METAS						
CURTO PRAZO - 1 A 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS		
1) Programa de incentivo financeiro para a instalação de dispositivos de retenção de águas pluviais - 30%;		3) Programa de incentivo financeiro para a instalação de dispositivos de retenção de águas pluviais - 60%;		5) Programa de incentivo financeiro para a instalação de dispositivos de retenção de águas pluviais - 100%;		
2) Manutenção das estruturas de controle de drenagem em vias rurais não pavimentadas.		4) Manutenção das estruturas de controle de drenagem em vias rurais não pavimentadas.		6) Manutenção das estruturas de controle de drenagem em vias rurais não pavimentadas.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
4.2.1	Incentivo aos proprietários rurais para a implantação de dispositivos de aproveitamento de águas pluviais, permitindo o uso nas próprias produções agrícolas.	-	-	-	FPU	-
4.2.2	Manutenção anual das estruturas de controle de drenagem em vias não pavimentadas, visando garantir a eficácia desses dispositivos.	R\$ 200.000,00	R\$ 200.000,00	R\$ 600.000,00	AA - RP	R\$50.000/ano
<b>TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES</b>		<b>R\$ 200.000,00</b>	<b>R\$ 200.000,00</b>	<b>R\$ 600.000,00</b>	<b>TOTAL DO OBJETIVO</b>	<b>R\$ 1.000.000,00</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

#### 4.5.5. Análise Econômica

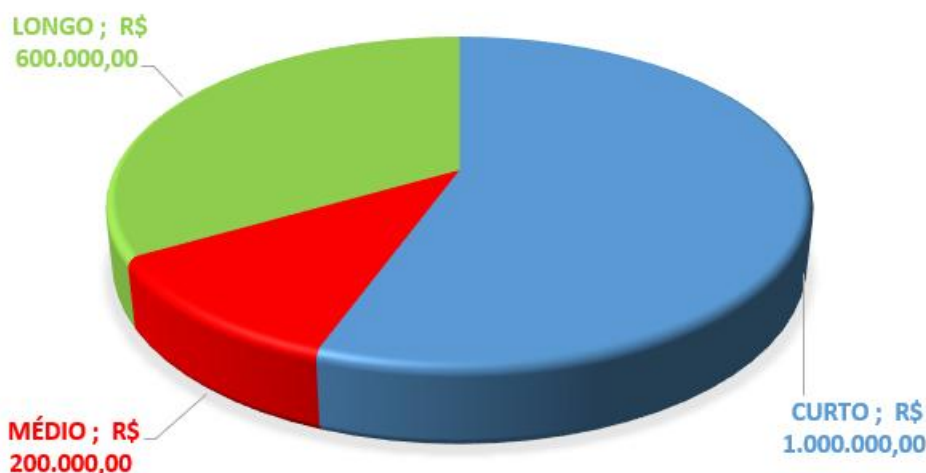
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 44 - Análise de investimento no Sistema de Drenagem.

MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL					
SETOR	4	SISTEMA DE DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS			
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS (R\$)					
OBJETIVOS	PRAZOS			TOTAL GERAL	
	CURTO	MÉDIO	LONGO		
IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL	R\$800.000,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$800.000,00	
IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL	R\$200.000,00	R\$200.000,00	R\$600.000,00	R\$1.000.000,00	
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>R\$1.000.000,00</b>	<b>R\$200.000,00</b>	<b>R\$600.000,00</b>	<b>R\$1.800.000,00</b>	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 52 - Investimentos por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

## 5. 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 (2023), 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 os 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 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.

### **5.1. 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.

## **5.2. 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.

## **5.3. Programas de Financiamento Reembolsáveis**

### **5.3.1. Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDS**

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.

### **5.3.2. 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.

### **5.3.3. 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 atuam com reciclagem.

### **5.3.4. 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. Empréstima 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.

### **5.3.5. 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.

## **5.4. Programas de Financiamento Não Reembolsáveis**

### **5.4.1. 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.

### **5.4.2. 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.

### **5.4.3. 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 gerenciamento dos resíduos.

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.

### **5.4.4. 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.

### **5.4.5. 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.

#### **5.4.6. 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.

#### 5.4.7. 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.

## 5.5. Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO

O Fundo Estadual de Recursos Hídricos, FEHIDRO, é um instrumento financeiro criado para promover a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos em nível estadual. Ele é uma ferramenta importante para viabilizar a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e dos Planos de Recursos Hídricos, auxiliando no financiamento de projetos e ações voltados para a preservação, conservação, recuperação e uso racional dos recursos hídricos.

O FEHIDRO é geralmente composto por recursos provenientes de diversas fontes, tais como taxas de uso da água, compensações financeiras por uso de recursos hídricos, multas e outras receitas provenientes de infrações ambientais, bem como recursos alocados pelo poder público estadual.

Os recursos do FEHIDRO são destinados a projetos e programas que visam a melhoria da qualidade e disponibilidade da água, a prevenção e mitigação de eventos hidrológicos extremos, o controle da poluição hídrica, a proteção de áreas de mananciais, o fomento a tecnologias de tratamento de água e esgoto, entre outros.

Por meio do FEHIDRO, os estados podem promover o financiamento de iniciativas de diferentes atores da sociedade civil, como organizações não governamentais, associações de usuários de água, prefeituras municipais, empresas e instituições de pesquisa, contribuindo assim para a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos.

No município de São Pedro, o FEHIDRO participa no financiamento de alguns projetos, inclusive elencados no presente produto, como por exemplo na substituição dos sistemas de fossas rudimentares por soluções adequadas nas propriedades a montante das captações de água do Município.

## 6. ANÁLISE GLOBAL DOS INVESTIMENTOS

A tabela a seguir mostra os valores necessários para os serviços de saneamento rural no município de São Pedro, bem como sua execução e manutenção, para os próximos vinte anos.

Tabela 45 - Análise Global.

EIXO	PRAZOS			TOTAL GERAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	
Sistema de Abastecimento de Água	R\$ 131.875,00	R\$ 100.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 531.875,00
Sistema de Esgotamento Sanitário	R\$ 884.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 884.000,00
Sistema de Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos	R\$ 1.018.378,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1.018.378,00
Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais	R\$ 800.000,00	R\$ 200.000,00	R\$ 600.000,00	R\$ 1.600.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 2.834.253,00</b>	<b>R\$ 300.000,00</b>	<b>R\$ 900.000,00</b>	<b>R\$ 4.034.253,00</b>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**3º Caderno de pesquisa de engenharia de saúde pública.** Brasília: Funasa, 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/regiao-hidrografica-atlantico-sudeste>.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RDC 306: Resolução RDC nº 306, de 7 de dezembro de 2004.** 2004.

AGROPECUÁRIA. **Produção do Município de São Pedro.** Disponível em: <https://painel.seade.gov.br/agropecuaria/>.

**APA Barreiro Rico.** Disponível em: <https://guiadeareasprotegidas.sp.gov.br/ap/area-de-protecao-ambiental-barreiro-rico/>. Acesso em: 9 dez. 2024.

**APA Corumbataí, Botucatu e Tejupá (Perímetro Botucatu).** Disponível em: <https://fflorestal.sp.gov.br/planos-de-manejo/em-aprovacao/apa-corumbatai-botucatu-e-tejupa-perimetro-botucatu/>.

**APA Tanquã-Rio Piracicaba.** Disponível em: <https://guiadeareasprotegidas.sp.gov.br/ap/area-de-protecao-ambiental-tanqua-rio-piracicaba/>.

**PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACAJU.** Prefeitura inicia construção de novo ecoponto no bairro Ponto Novo. Aracaju, 2023. Disponível em: [https://www.aracaju.se.gov.br/noticias/88833/prefeitura\\_inicia\\_construcao\\_de\\_novo\\_ecoponto\\_no\\_bairro\\_ponto\\_novo.html](https://www.aracaju.se.gov.br/noticias/88833/prefeitura_inicia_construcao_de_novo_ecoponto_no_bairro_ponto_novo.html). Acesso em: 3 jul. 2025.

---

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

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.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **PERFIL SÃO PEDRO, SP**. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/355040>>  
AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. 4ª Ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1996. 332 p.

BANCO DE DADOS DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS - BDIA. **Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Vegetação**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>>

BANDEIRA, Katarina. O que fazer para evitar a poluição hídrica? pequenas atitudes ajudam a diminuir a sujeira encontradas em rios, lagos e mares. Guarulhos: UNG, 2018.

BARBOSA, G.; LANGER, M. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Unoesc & Ciência–ACSA**, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 87-96, 2011.

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.  
BELLINGIERI, J. C. Água de beber: a filtração doméstica e a difusão do \_litro de água em São Paulo, **Anais do Museu Paulista**. São Paulo, v. 12, p. 161-191, 2004.

BELLINGIERI, J. C. Água de beber: a filtração doméstica e a difusão do filtro de água em São Paulo, **Anais do Museu Paulista**. São Paulo, v. 12, p. 161-191, 2004.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 2ª ed, 355p. 1990.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Atlas Esgotos: Despoluição das Bacias Hidrográficas**.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília – DF, 1988.

BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a **Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Brasília DF, 1981.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445/2007 – **Política Nacional de Saneamento Básico**. Brasília – DF, 2007.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305/2010 – **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília - DF, 2010.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651/2012 - **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; e dá outras providências**. Brasília – DF, 2012.

BRASIL. Lei Federal nº 14.026/2020 – **Novo Marco Legal do Saneamento**. Brasília - DF, 2020.

BRASIL. Lei Federal nº 9.985/2000 – **Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Brasília – DF, 2007.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2007. Atualiza o Marco Legal do Saneamento**. Brasília, 2007.

BRASIL. **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.** Brasília, 1997.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 05, de 03 de outubro de 2017.**

Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília, série E, 2017.

BRITO, J. L. S. et al. Uso do Geoprocessamento na estimativa da perda de solos por erosão laminar em Irai de Minas - MG. **Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto (SBSR)**, v. 9, p. 501-512, 1998.

CALHEIROS, R. O. et al. **Recuperação e conservação de nascentes. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, Piracicaba - São Paulo**, 53p. 2004.

CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO PEDRO. **Legislação Municipal.** Disponível em: <<https://www.camarasaopedro.sp.gov.br/>>.

CÂNDIDO, B. M. et al. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1565-1575, 2014.

CANHOLI, A. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** Oficina de textos, 2014.

CAROLO, F. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: instrumento para o desenvolvimento sustentável: estudo das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.** 2007.

CARVALHO, A. C. B. de; RIBEIRO, C. B. de M.; ROCHA, W. S. D. da; MARTINS, C. E.; SOUZA SOBRINHO, F. de. **Erosão potencial laminar hídrica em um latossolo vermelho amarelo sob três formas de cultivo.** 2014. EMBRAPA.

CARVALHO, A. M. **Qualidade da água distribuída pelos caminhões-pipa para consumo humano.** 2015.

CARVALHO, W. A.; FREIRE, O.; RENNÓ, C. D. **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do Rio Santo Anastácio.** Boletim Científico, v. 2, n. 2, p. 490-498, 2005.

CHOW, V. T. **Open Channel Hydraulics.** Edição Revisada. New York/Tokio: McGraw-Hill Kogakusha, International Students Edition, 1973.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2º ed. Editora Blucher. São Paulo – SP. 1980.

CLIMATE-DATA. **São Pedro, SP, Brasil.** Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-pedro-34773/>>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução N°. 357,** de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução N°. 430, de 13 de maio de 2011.** Complementa e altera a Resolução nº. 357/2005. Brasília: 2011.

CORDEIRO, B. S. **A gestão de lodos de fossas sépticas: uma abordagem por meio da análise multiobjetivo e multicritério.** 2011.

CORDEIRO, W. S. Alternativas de tratamento de água para comunidades rurais. **Campos dos Goytacazes, RJ. 97p,** 2008.

COSTA, C. C. da; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, p. 51-60, 2014.

DEGANUTTI, R. et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.  
**Avaliação da eficiência de estratégias físicas e biológicas na recuperação de voçorocas, 2009.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/3533/avaliacao-da-eficiencia-de-estrategias-fisicas-e-biologicas-na-recuperacao-de-vocorocas>. Acesso em 2024.

ENRIQUEZ, A. G. et al. Erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento no canal de drenagem de estrada rural não pavimentada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 160-165, 2015.

FARIAS, C. A. **Resíduos orgânicos alternativos nos processos de compostagem e vermicompostagem.** 2001.

FERNANDES, A. J. Aquíferos fraturados: uma revisão dos condicionantes geológicos e dos métodos de investigação. **Revista do Instituto Geológico (Descontinuada)**, v. 29, n. 1-2, p. 49-72, 2008.

FERNANDES, A. J. et al. Potencial dos aquíferos fraturados do estado de São Paulo: condicionantes geológicos. **Águas Subterrâneas**, v. 21, n. 1, 2007.

FERREIRA FILHO, S. S. **Tratamento de água:** concepção, projeto e operação de estações de tratamento. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017, 463p.

FERREIRA, M. J.; FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A. Avaliação da regeneração natural do entorno de uma nascente como estratégia para sua recuperação. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 573-575, 2007.

FERREIRA, S. S.; FERREIRA, S. S. Contexto da Captação de Águas Superficiais Utilizadas para Abastecimento nas Pequenas Propriedades Rurais. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 4:** Congestas, 2016.

FONSECA, V. L. A.; MENEZES FILHO, F. C. M. **Estudo comparativo entre métodos de dimensionamento para reservatórios de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.** Holos Environment, v. 19, n. 2, p. 287-303, 2019.

FRANCO, M. R. S. **Formação de ravinas: significância para a perda de solo por erosão hídrica.** 2015. Tese de Doutorado.

**FUNASA.** Caderno Didático/Técnico para Curso de Gestão de Manejo de Resíduos Sólidos em áreas rurais do Brasil. Brasília, 2020.

**FUNASA.** Caderno Didático/Técnico para Curso de Gestão de Manejo de Águas Pluviais em áreas rurais do Brasil. Brasília: Brasil, 2020.

**FUNASA.** Caderno Didático/Técnico para Curso de Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água em áreas rurais do Brasil. Brasília: Brasil, 2020.

**FUNASA.** Caderno Didático/Técnico para Curso de Gestão de Sistemas de Esgotamento Sanitário em áreas rurais do Brasil. Brasília: Brasil, 2020.

Fundação Nacional de Saúde. **Manual de fluoretação da água para consumo humano.** Brasília: Funasa, 2012.

FUNDAÇÃO SEADE. **Informações Demográficas dos Municípios de São Paulo.** Disponível em:< <https://populacao.seade.gov.br/>>.

GALBIATI, A. F. **TRATAMENTO DOMICILIAR DE ÁGUAS NEGRAS ATRAVÉS DE TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO.** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

GAZAL, V. L. R. A. **Estudo do caso: análise das condições de saneamento básico da comunidade isolada de marsilac.** 2022.

GEOSEADE. **Base Cartográfica do Estado de São Paulo.** Disponível em: <<https://portalgeo.seade.gov.br/i3geo/interface/osm.php>>.

GUIMARÃES, J.R.; NOUR, E. A. A. Tratando nossos esgotos: Processos que imitam a natureza. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – Química Ambiental.** p. 19-30, 2001.

GUSMÃO, P. T. R.; OLIVEIRA, J. W. S.; SANTOS, D. L. S. **Filtros domésticos: avaliação de eficácia e eficiência na redução de agentes patogênicos.** p. 89-120.

HAIR, J. F. *et al.* Análise multivariada de dados. **Bookman editora,** 2009.

IBGE. **Banco de Informações Ambientais** (Geologia, Geomorfologia e Pedologia). Disponível em: < <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>>.

IBGE. **Cidades e Estados: São Pedro/SP.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-pedro.html> >.

IBGE. **São Pedro – Histórico.** <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-pedro/historico>>.

INDE - **Catálogo de Metadados Geográficos.** Disponível em: <https://metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search>>.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPN Ecoworld.** Disponível em: <https://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/detalhe/394/>. Acesso em: 05/2024.

LACERDA, A.V.; Barbosa, F. M. **Matas ciliares no Domínio das Caatingas. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2006, 150p.**

**Legislação.** Disponível em:

<[https://www.saopedro.sp.gov.br/portal/leis\\_decretos](https://www.saopedro.sp.gov.br/portal/leis_decretos)>. Acesso em: 5 dez. 2024.

LEITE, Antônio Felipe Guimarães et al. **Estradas Rurais: orientações para construção, adequação e manutenção.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. Brasília, 2021.

LORANDI, R. et al. Carta de potencial à erosão laminar da parte superior da bacia do Córrego do Monjolinho (São Carlos, SP). **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 53, p. 111-117, 2001.

MAPBIOMAS. **Uso e Cobertura do Solo do Brasil.** Disponível em <<https://brasil.mapbiomas.org/>>

MARINHO, J. P. M. **Conceitos, métodos e propostas alternativas na gestão de resíduos sólidos.** Revista Mato-Grossense de Geografia, v. 14, n. 01, p. 75-96, 2009.

MARTINS, C. A. S.; NOGUEIRA, N. O. Captação de Água da Chuva em Propriedades Rurais. **Nucleus (16786602)**, v. 12, n. 1, 2015.

MELO, C. X.; DUARTE, S. T. **Análise da compostagem como técnica sustentável no gerenciamento dos resíduos sólidos.** Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 5, n. 10, p. 691-710, 2018.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB.** Brasília: 2008.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria da Consolidação nº 5 de setembro de 2017.** Brasília: 2017.

---

MORGAN, R.P.C. *Soil Erosion and Conservation*. **Blackwell Publishing**.  
Inglaterra, 3. Ed. 304p. 2005.

NASCIMENTO SILVA, L. C.; LUCHIARI, A. Estimativa de perda de solos por erosão laminar na bacia hidrográfica do Córrego Baguaçu-SP. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 32, p. 15-28, 2016.

NETO, R. P. **Pequenos Sistemas de Abastecimento de Água no Meio Rural: Estudo de Caso de Três Comunidades Rurais**. 2011.

OBSERVATÓRIO DE CONSÓRCIO PÚBLICOS. **Município de São Pedro/SP**.  
Disponível em < <https://consorcios.cnm.org.br/>>

OLIVEIRA, C. R. C. **Resíduo sólido domiciliar: do descarte à efetividade dos pontos de entrega voluntária**. 2019.

OLIVEIRA, E. L. et al. **Compostagem de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes**. 2015.

OLIVEIRA, F. S. **Ganhos ambientais e energéticos com a utilização da biomassa residual de gado leiteiro em Lagoa da Prata-MG**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2010.

OLIVEIRA, J. R. de et al. **Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, p. 140-147, 2010.

OLIVEIRA, M. H. C. **Aproveitamento da água de chuva**. 2014.

OLIVEIRA, P. G. S.; SOUSA PEREIRA, M. **Estudo sobre a economia de água por meio de reaproveitamento da água da chuva**. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 2, p. e18412240169-e18412240169, 2024.

OLIVEIRA, P. G. S.; SOUSA PEREIRA, M. **Estudo sobre a economia de água por meio de reaproveitamento da água da chuva**. Research, Society and Development, v. 12, n. 2, p. e18412240169-e18412240169, 2023.

PANORAMA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL. **Análise situacional dos programas e ações federais**. Volume III - Ministério das Cidades Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011.

PEIXOTO, K.; CAMPOS, V. B. G.; D'AGOSTO, M. de A. A coleta seletiva e a redução dos resíduos sólidos. Rio de Janeiro: **Instituto Militar de Engenharia**, 2005.

PEREIRA, A. L.; MAIA, K. M. P. **A contribuição da gestão de resíduos sólidos e educação ambiental na durabilidade de aterros sanitários**. Sinapse Múltipla, v. 1, n. 2, 2012.

**PORTAL DA TRANSPARÊNCIA DO ESTADO DE SÃO PAULO**. Disponível em: <<https://www.transparencia.sp.gov.br/Home/MapGraph>>.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PEDRO. **História do Município de São Pedro/SP**. Disponível em <<https://www.saopedro.sp.gov.br/portal/servicos/1001/historia/>>.

**REVISTA GALILEU. Compostagem doméstica começa a virar política pública em São Paulo**. 2014. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2014/07/compostagem-domestica-comeca- virar-politica-publica-em-sao-paulo.html>. Acesso em: 13 set. 2023.

RODRIGUES, A. S. L., et al. (2004). Global Gap Analysis: **Priority regions for expanding the global protected-area network**. BioScience, 54(12), 1092-1100.

SANTOS VALIAS, A. P. G. et al. Qualidade Microbiológica de Águas de Poços Rasos e de Nascentes de Propriedades Rurais do Município de São João da Boa Vista - São Paulo. **Águas Subterrâneas**, 2000.

SCHALCH, V. et al. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos–Universidade de São Paulo, 2002.

SEADE – MUNICÍPIOS. **Município de São Pedro/SP**. Disponível em:  
<<https://municipios.seade.gov.br/>>

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO SMA Nº 09, DE 30 DE JANEIRO DE 2018**. São Paulo, 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO SMA Nº 44, DE 05 DE JUNHO DE 2013**. São Paulo, 2013.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO SMA Nº 54, DE 29 DE JUNHO DE 2012**. São Paulo, 2012.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA, Guia de Áreas Protegidas, 2024. **Parque Estadual Itapetinga**. Disponível em:  
<https://guiadeareasprotegidas.sp.gov.br/ap/parque-estadual-itapetinga/>. Acesso em 04/2024.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA, Guia de Áreas Protegidas, 2024. **MONA Pedra Grande**. Disponível em:  
<https://guiadeareasprotegidas.sp.gov.br/ap/monumento-natural-estadual-da-pedragrande/#:~:text=O%20Monumento%20Natural%20Estadual%20da,Perd%C3%B5es%2C%20Nazar%C3%A9%20Paulista%20e%20Mairipor%C3%A3>. Acesso em 04/2024.

SIGAM, 2024. **Área de proteção ambiental Represa do Bairro da Usina**. Disponível em:

<<https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Default.aspx?idPagina=16435>>. Acesso em 04/2024.

SIGAM, 2024. **Área de proteção ambiental Sistema Cantareira**. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Default.aspx?idPagina=16434>. Acesso em 04/2024.

SILVA MARQUES, M. L. et al. Erosão em voçoroca e impacto nas propriedades químicas do solo e da água. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e773998154-e773998154, 2020.

SILVA, A. G. **Proposição de técnicas e modelos de gestão para o esgotamento sanitário em áreas rurais brasileiras**. 2017.

SILVA, A. M. da et al. **Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, p. 1223-1230, 2005.

SILVA, O. H. et al. Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 39-48, 2015.

SILVEIRA, K. A. et al. Contaminação no lençol freático por fossas rudimentares. **Caderno Progressus**, v. 3, n. 5, p. 40-47, 2023.

SISTEMA DO CADASTRO AMBIENTAL RURAL – SICAR. **Propriedades rurais de São Pedro/SP**. Disponível em <<https://consultapublica.car.gov.br/publico/imoveis/index>>.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. Série Histórica – São Pedro/SP. **Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**. Brasília: 2025.

**SNIS - Série Histórica**. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>>.

SUGUIO, K. Geologia Sedimentar. **1st Edition, Edgard Blucher**, Sao Paulo, 400 p. 2003.

TAKENAKA, E. M. M.; ARANA, A. R. A.; ALBANO, M. P. **Construção civil e resíduos sólidos: coleta e disposição final no município de Presidente Prudente - SP**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 8, n. 12, 2012.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V.; DIAS, W. A. Estimativa de proveniência de sedimento em cabeceira de drenagem com alta densidade de estradas rurais não pavimentadas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 2, p. 25-37, 2011.

THOMAZ, E. L.; PEREIRA, A. A. Estrada rural não pavimentada como fonte de escoamento superficial e sedimento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 1, 2013.

TONETTI, A. L.; BRASIL, A. L.; MADRID, F. J. P. L.; FIGUEIREDO, I. C. S.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L. M. O.; DUARTE, N. C.; FERNANDES, P. M.; COASACA, R. L.; GARCIA, R. S.; MAGALHÃES, T. M. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018.

TORRES, V. S. Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural. **6º EXPOTEC**, 2019.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

VASCONCELOS, M. B. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. **Águas Subterrâneas**, 2014.

---

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Vol. 1, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014, 240p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. **Department of Agriculture, Science and Education Administration**. Washington D.C.: 1978.

ZARONI, Maria José. **Latossolos: uso e manejo**. EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos>. Acesso em: 2024.





## ANEXO

Figura 135 – Registro fotográfico da Primeira Reunião Técnica.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Figura 136 - Lista de presença - Reunião técnica.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES		PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL Prefeitura Municipal de São Pedro - SP LISTA DE PRESENÇA		SAAESP
EVENTO: <u>Reunião Técnica</u>				
LOCAL: <u>SAAESP</u>			DATA: <u>02/05/2024</u>	
NOME	TELEFONE	E-MAIL	ASSINATURA	
<u>Thelma de Menezes</u>	<u>16 98709 9835</u>	<u>thelma@lader.com.br</u>		
<u>Tiago Siqueira</u>	<u>11 31 336 074632</u>	<u>tiago@lader.com.br</u>		
<u>JOSÉ RUBENS FRANCO SO</u>	<u>19 9 9606 6022</u>	<u>pres@lader.com.br</u>		
<u>Daniel Vinícius Campos</u>	<u>19 194420-6000</u>	<u>engenharia@saaesp.sp.gov.br</u>		

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Figura 137 - Apresentação da audiência pública final.



19

20

21

22

23

24

25


26

27


28

29


30




31




32




33




34




35




36




37




38




39



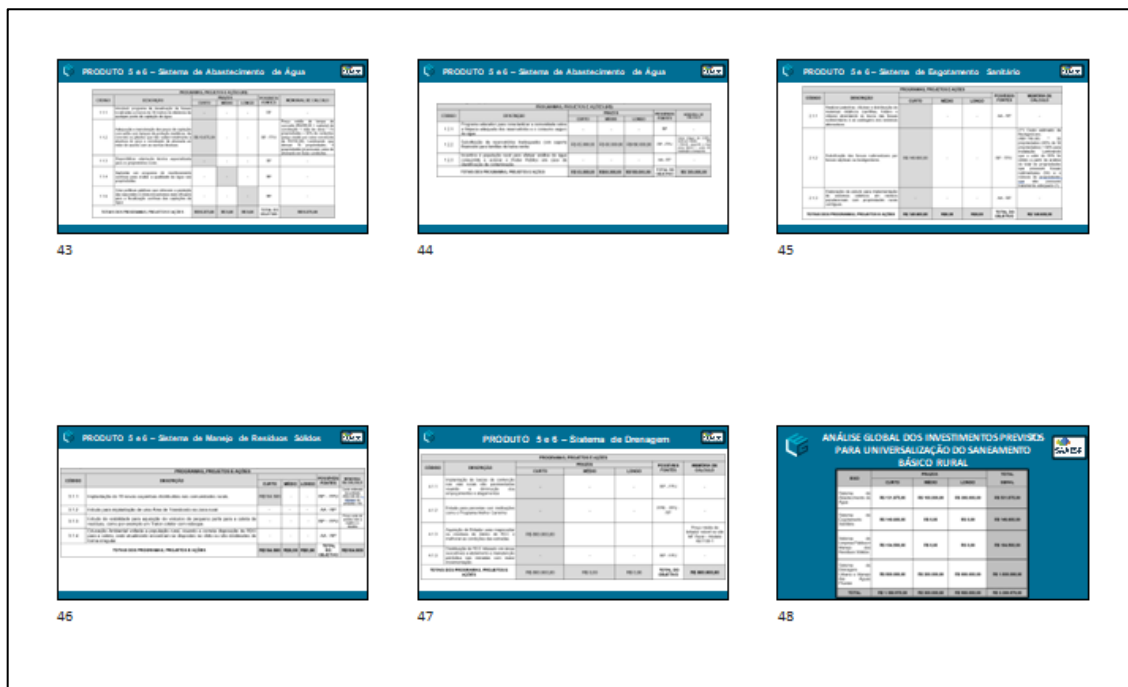
40



41



42



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.


**Figura 138 - Registros fotográficos da audiência pública final.**






Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

**Figura 139 - Lista de presença da Audiência Pública Final.**














PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL  
Serviço Autônomo de Água e Esgoto de São Pedro - SP  
LISTA DE PRESENÇA




---


EVENTO: AUDIÊNCIA PÚBLICA DE ENTREGA DO PLANO

LOCAL: EMEB IRACY BERTOCHI DATA: 07/05/2025

NOME	TELEFONE	E-MAIL	ASSINATURA
Paulo L. M. Souza	16 98209 9735	lpaulo@lmsouza.com.br	
IBERÊ NOUEIRA	35-55906-5020	iberenou87@gmail.com	
JULIANA GALANTE NOGUEIRA	19-999635583	juliana@nogueiraengenharia.com.br	
JORGINA GALANTE	19.999635583	jorgina.galante@nogueiraengenharia.com.br	
Os men top RL	19-992370955		
SAMUEL H. NOGUEIRA	19.99882.5434	SAMUEL@NOGUEIRAENGENHARIA.COM.BR	
Simone Sledolme Cândido	19 992244927	simone.candido@saaesp.sp.gov.br	
PAULA G.F. SOUZA	35 981761552	meioambiente@saaesp.sp.gov.br	
MARCELO COLEDO Pucci	36) 99163 - 4547	marcelocoledo@liderengenharia.com.br	
Daniel Ueslei de Campos	39 97420 - 6000	engenharia@saaesp.sp.gov.br	
Mariana Gouveia Furlan	(19)9717-9920	mariana.gouveia@saaesp.sp.gov.br	





PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL  
Serviço Autônomo de Água e Esgoto de São Pedro - SP  
LISTA DE PRESENÇA



---

EVENTO: AUDIÊNCIA PÚBLICA DE ENTREGA DO PLANO

LOCAL: EMEB IRACY BERTOCHI DATA: 07/05/2025

NOME	TELEFONE	E-MAIL	ASSINATURA
Jose Carlos Duda	19 992560729		
Carlos Eduardo Souza Mendes	19 971325568		

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.