

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL

VERSÃO FINAL DO PMSR E VALIDAÇÃO



Município de Engenheiro Coelho – SP



LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

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



PREFEITURA MUNICIPAL DE ENGENHEIRO COELHO – SP

ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL

VERSÃO FINAL DO PMSR E VALIDAÇÃO

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA

PEDRO FRANCO
PREFEITO MUNICIPAL



EMPRESA DE PLANEJAMENTO CONTRATADA



LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES – LTDA

CNPJ: 23.146.943/0001-22

Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210.

CEP 14.020-250 – Ribeirão Preto/SP

www.liderengenharia.eng.br



EQUIPE TÉCNICA

Robson Ricardo Resende
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SP 5069666179

Juliano Mauricio da Silva
Engenheiro Civil
CREA/PR 117165

Marcelo Gonçalves
Geógrafo
CREA/PR 95232

Solange Passos Genaro
Serviço Social
CRESS/PR 6676

Paula Evaristo R. Ferraz de Barros
Advogada
OAB/MG 107935



GRUPO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO

Jackson A. Germanovickz
Diretor de Meio Ambiente

Ricardo Chinaglia
Engenheiro Civil
CREA: 506.966.626-8

Francisca Pinheiro da Silveira Costa
Coordenadora Ambiental
CREA: 140.887.512-8

Vinicius Nunes Ferreira de Camargo
Engenheiro Ambiental e Sanitário
CREA: 261.255.530-7

Daniela Reimann
Engenheira de Alimentos
CREA: 060.117.256-1

Yuri School Hereman
Técnico Agrícola

Luiz Oda Homma
Engenheiro Agrônomo
CREA: 060.077.374-3



COMITÊ EXECUTIVO

Jackson A. Germanovickz
Diretor de Meio Ambiente

Ricardo Chinaglia
Engenheiro Civil
CREA: 506.966.626-8

Francisca Pinheiro da Silveira Costa
Coordenadora Ambiental
CREA: 140.887.512-8

Vinicius Nunes Ferreira de Camargo
Engenheiro Ambiental e Sanitário
CREA: 261.255.530-7



SUMÁRIO

1.	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO	22
1.1.	Aspectos Regionais, Localização e Acesso	22
1.2.	Histórico	25
1.3.	Estradas Rurais	26
1.4.	Aspectos Ambientais	29
1.4.1.	<i>Clima</i>	29
1.4.2.	<i>Temperatura</i>	32
1.4.2.1.	Precipitação	33
1.4.3.	<i>Levantamento da Rede Hidrográfica do Município</i>	34
1.4.4.	<i>Geologia</i>	37
1.4.5.	<i>Geomorfologia</i>	39
1.4.6.	<i>Declividade</i>	41
1.4.7.	<i>Solo</i>	44
1.4.8.	<i>Vegetação</i>	48
1.5.	Uso e Ocupação do Solo	51
1.5.1.	<i>Cemitérios</i>	55
1.6.	Aspectos Socioeconômicos	56
1.6.1.	<i>Densidade Demográfica</i>	56
1.6.2.	<i>Distribuição Etária por Gênero</i>	57
1.6.3.	<i>Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal - IFDM</i>	58
1.6.4.	<i>Educação</i>	59
1.6.5.	<i>Saúde</i>	60
1.6.6.	<i>Razão de Dependência, Taxa de Mortalidade e Esperança de Vida</i>	61
1.7.	Economia	62
1.7.1.	<i>Produto Interno Bruto (PIB)</i>	64
1.8.	Estudo Populacional da Zona Rural	65
1.9.	Principais Fontes Sobre as Políticas Nacionais de Saneamento Básico	72
1.10.	Programas Existentes no Município de Interesse de Saneamento Básico	76
1.11.	Possibilidade de Consórcio com Municípios da Região	77
2.	LEVANTAMENTO DE DADOS	78
3.	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL	80
3.1.	Sistema de Abastecimento de Água	93
3.1.1.	<i>Identificação de Mananciais para o Abastecimento Futuro</i>	94
	Mananciais Superficiais	94
	Mananciais Subterrâneos	95
3.1.2.	<i>Regulação de Uso dos Recursos Hídricos</i>	98
	Segurança Hídrica	103
3.1.3.	<i>Descrição dos Sistemas de Abastecimento de Águas Atuais</i>	104



3.1.4.	<i>Panorama da Situação Atual dos Sistemas Existentes</i>	112
3.1.4.1.	Abastecimento de Água	112
	Poços rasos ou profundos	115
	Nascente ou mina	123
	Represas ou riachos	126
	Armazenamento	127
3.1.4.2.	Tratamento e Qualidade da Água	129
3.1.5.	<i>Análise Crítica do Sistema de Abastecimento de Água</i>	133
3.2.	Sistema de Esgotamento Sanitário	134
3.2.1.	<i>Características Gerais dos Sistemas Individuais de Esgotamento Sanitário</i>	140
3.2.1.1.	Fossa Rudimentar	140
3.2.1.2.	Fossa Séptica	143
3.2.1.3.	Biodigestor	145
3.2.2.	<i>Análise Crítica do Sistema de Esgotamento Sanitário</i>	148
3.3.	Sistema de Manejo dos Resíduos Sólidos	149
3.3.1.	<i>Resíduos Sólidos Domiciliares - RDO</i>	150
3.3.2.	<i>Resíduos de Atividades Agrícolas e Pecuárias</i>	156
3.3.3.	<i>Resíduos da Construção Civil</i>	159
3.3.4.	<i>Resíduos Orgânicos</i>	161
3.3.5.	<i>Coleta Seletiva</i>	162
3.3.6.	<i>Análise Crítica do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos</i>	166
3.4.	Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais	167
3.4.1.	<i>Caracterização das Microbacias de Influência na Zona Rural</i>	170
	Análise Morfométrica	173
	Análise Linear	174
	Análise Areal	175
	Análise Hipsométrica	177
3.4.2.	<i>Estudos Hidrológicos</i>	179
3.4.2.1.	Índices Físicos	180
3.4.2.2.	Cobertura do Solo	181
3.4.2.3.	Chuvas Intensas	184
3.4.2.4.	Métodos para Cálculos da Vazão	185
	Método I-PAI-WU	187
3.4.3.	<i>Drenagem das Águas Pluviais Associada às Estradas Rurais</i>	191
3.4.4.	<i>Sistema de Aproveitamento das Águas Pluviais</i>	194
3.4.5.	<i>Erosão</i>	197
3.4.6.	<i>Análise Crítica do Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais</i>	200
4.	PROGNÓSTICO, OBJETIVOS E METAS	201
4.1.	Sistema de Abastecimento de Água - SAA	202
4.2.	Projeção de Demanda	203



4.2.1.	<i>Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada</i>	206
4.2.2.	<i>Experiências de Sucesso em Saneamento Rural: Exemplos e Boas Práticas de Outros Municípios – Sistema de Abastecimento de Água</i>	207
4.2.3.	<i>Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Abastecimento de Água</i>	211
4.1.1.1.	Objetivo 1 – Implementar Medidas de Proteção para Nascentes e Garantir a Segurança Hídrica.	211
4.1.1.2.	Objetivo 2 – Implementar o Tratamento de Água e Regularizar a Proximidade de Poços Próximos a Fontes de Contaminação.	216
4.2.4.	<i>Análise Econômica</i>	218
4.3.	Sistema de Esgotamento Sanitário	219
4.3.1.	<i>Projeção da Vazão Anual de Esgoto</i>	220
4.3.2.	<i>Cargas de Concentração</i>	221
4.1.1.3.	Matéria Orgânica – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	223
4.3.3.	<i>Comparação das Alternativas de Tratamento dos Esgotos</i>	224
4.3.4.	<i>Definições de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada</i>	226
4.3.5.	<i>Sistemas Individuais</i>	226
4.1.1.4.	Descrição de Tecnologias Sociais de Saneamento Básico	233
4.1.1.5.	Fossas Sépticas Biodigestora - FSB	234
4.1.1.6.	Círculo de Bananeiras	236
4.1.1.7.	Tanques de Evapotranspiração - TEvap	237
4.3.6.	<i>Ações de Emergência e Contingência</i>	239
4.3.7.	<i>Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Esgotamento Sanitário</i>	242
4.1.1.8.	Objetivo 1 – Substituição dos sistemas individuais inadequados	242
4.1.1.9.	Objetivo 2 – Garantir a Manutenção Adequada das Fossas nas Propriedades Rurais para Mitigar Odor e Impactos Ambientais	245
4.3.8.	<i>Análise Econômica</i>	248
4.4.	Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	249
4.4.1.	<i>Estimativa da Produção de Resíduos Sólidos com base nos Resultados dos Estudos Demográficos</i>	250
4.4.2.	<i>Procedimentos Operacionais e Especificações Mínimas a Serem Adotadas nos Serviços Públicos de Manejo dos Resíduos Sólidos, Incluindo a Disposição Final Ambientalmente Adequada dos Rejeitos</i>	251
4.1.1.10.	Contratos e Controle dos Serviços	252
4.1.1.11.	Coleta Convencional de Resíduos Sólidos	252
4.1.1.12.	Estimativas de quantidades a serem coletadas por setores.	253
4.1.1.13.	Regularidade, Frequência e Setorização da Coleta	254
4.1.1.14.	Acondicionamento e Apresentação para a Coleta	254



4.1.1.15. Veículos para a Coleta Convencional de Resíduos Sólidos.....	256
4.1.1.16. Coleta Seletiva	257
4.1.1.17. Formas de Execução da Coleta Seletiva.....	261
4.4.3. <i>Resíduos da Construção Civil e Volumosos</i>	263
4.4.4. <i>Resíduos Agrossilvopastoris e Resíduos da Logística Reversa Obrigatória</i>	264
4.4.5. <i>Medidas de Redução, Reutilização, Coleta Seletiva e Reciclagem, entre outras, com vistas a Reduzir a Quantidade de Rejeitos Encaminhados para Disposição Final Ambientalmente Adequada</i>	265
A. Resíduos Recicláveis	266
B. Resíduos Orgânicos.....	267
4.4.6. <i>Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Manejo dos Resíduos Sólidos na Área Rural</i>	268
4.4.7. <i>Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos da Área Rural</i>	269
4.1.1.18. Objetivo 1 – Aprimoramento da Coleta Convencional de RDO.....	270
4.1.1.19. Objetivo 2 – Aprimoramento da Gestão de Resíduos da Construção Civil, Volumosos e Recicláveis	273
4.4.8. <i>Análise Econômica</i>	275
4.5. Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais.....	276
4.5.1. <i>Medidas Estruturais</i>	276
A. Medidas de Controle para Redução do Assoreamento	276
B. Reservatórios e Bacias de Retenção ou Detenção	279
C. Recuperação de Matas Ciliares a APP's	280
D. Paliçadas para o Controle Erosivo	282
4.5.2. <i>Medidas Não Estruturais</i>	283
A. Medidas de Controle para Reduzir o Lançamento de Resíduos nos Corpos D'água .	283
B. Educação Ambiental	284
4.5.3. <i>Ações de Emergência e Contingência</i>	285
4.5.4. <i>Objetivos, Programas, Projetos e Ações</i>	286
4.1.1.20. Objetivo 1 – Ações estruturais que minimizem os problemas no sistema de drenagem pluvial	287
4.1.1.21. Objetivo 2 – Ações Não Estruturais que Minimizem os Problemas no Sistema de Drenagem Pluvial	291
4.5.5. <i>Análise Econômica</i>	293
4.6. FONTES DE FINANCIAMENTO.....	294
4.6.1. <i>Recursos Ordinários</i>	295
4.6.2. <i>Recursos Extraordinários</i>	296
4.6.3. <i>Programas de Financiamento Reembolsáveis</i>	296
4.6.3.1. Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDS.....	296
4.6.3.2. Banco do Brasil - BB.....	296



4.6.3.3.	Caixa Econômica Federal - CAIXA.....	297
4.6.3.4.	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID.....	297
4.6.3.5.	Banco Mundial – <i>The World Bank</i>	297
4.6.4.	<i>Programas de Financiamento Não Reembolsáveis</i>	298
4.6.4.1.	Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA	298
4.6.4.2.	Fundo Brasileiro de Educação Ambiental - FunBEA	298
4.6.4.3.	Ministério da Saúde	299
4.6.4.4.	Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental	299
4.6.4.5.	Ministério da Justiça – Fundo de Direito Difuso - FDD.....	299
4.6.4.6.	Fundo Nacional de Compensação Ambiental - FNCA	300
4.6.4.7.	Fundo Vale.....	301
4.6.4.8.	Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO	301
4.7.	ANÁLISE GLOBAL DOS INVESTIMENTOS	302
5.	MECANISMOS E PROCEDIMENTOS PARA A AVALIAÇÃO SISTEMÁTICA DA EFICIÊNCIA, EFICÁCIA E EFETIVIDADE DAS AÇÕES DO PLANO	303
5.1.	Participação Social	304
5.1.1.	<i>Educação Ambiental</i>	304
5.1.2.	<i>Comunicação Social</i>	306
5.2.1.	<i>Controle social no processo de elaboração do PMSR</i>	309
5.2.2.	<i>Controle social na execução do PMSR</i>	310
5.3.1.	<i>Sistema de Abastecimento de Água</i>	313
5.3.1.1.	Programa 1: Implementar Medidas de Proteção para Poços e Nascentes e Garantir a Segurança Hídrica.....	313
5.3.1.2.	Programa 2: Implantar o Tratamento de Água e Regularizar a Proximidade de Poços Próximos a Fontes de Contaminação	315
5.3.2.	<i>Sistema de Esgotamento Sanitário</i>	316
5.3.2.1.	Programa 1: Substituição dos Sistemas Individuais.....	316
5.3.2.2.	Programa 2: Garantir a Manutenção Adequada das Fossas nas Propriedades Rurais para Mitigar Odor e Impactos Ambientais.....	318
5.3.3.	<i>Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos</i>	319
5.3.3.1.	Programa 1: Aprimoramento da Coleta Convencional de RDO	319
5.3.3.2.	Programa 2: Aprimoramento da Gestão de Resíduos da Construção Civil, Volumosos e Recicláveis	320
5.3.4.	SISTEMA DE DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS	321
5.3.4.1.	Programa 1: Ações Estruturais que Minimizem os Problemas no Sistema de Drenagem Pluvial	321
5.3.4.2.	Programa 2: Ações Não Estruturais que Minimizem os Problemas no Sistema de Drenagem Pluvial	322
6.	RELATÓRIO DA CONSULTA E AUDIÊNCIA PÚBLICA PARA VALIDAÇÃO DO PLANO	323



6.1.	Consulta Pública	323
6.2.	Audiência Pública	326
6.2.1.	<i>Ata da Audiência Pública</i>	326
6.2.2.	<i>Lista de Presença, Apresentação e Registro Fotográfico da Audiência Pública</i>	327
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		336



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização e acesso de Engenheiro Coelho.....	23
Figura 2 – Mapa de CARs existentes no Município de Engenheiro Coelho.....	24
Figura 3 – Mapa das estradas rurais de terra e asfaltadas no município de Engenheiro Coelho.	27
Figura 4 - Zoneamento climático do Estado de São Paulo.....	31
Figura 5 - Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo.....	35
Figura 6 - Mapa de hidrografia de Engenheiro Coelho.....	36
Figura 7 - Mapa geológico de Engenheiro Coelho.....	38
Figura 8 – Mapa geomorfológico do Município de Engenheiro Coelho.....	40
Figura 9 – Mapa de declividade de Engenheiro Coelho.....	42
Figura 10 – Mapa de hipsometria de Engenheiro Coelho.....	43
Figura 11 – Mapa de pedologia de Engenheiro Coelho.....	47
Figura 12 – Mapa de fragmentos florestais do Município de Engenheiro Coelho.....	50
Figura 13 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do município de Engenheiro Coelho.....	53
Figura 14 - Resultados IFDM (2016) em Engenheiro Coelho.....	59
Figura 15 - Produção agropecuária em Engenheiro Coelho no ano de 2023.....	63
Figura 16 - Valor da transformação industrial por setor de atividade no ano de 2021 em Engenheiro Coelho.....	63
Figura 17 - Mapa dos Aglomerados Rurais Identificados.....	69
Figura 18 - Mapa dos Imóveis Rurais de Engenheiro Coelho - IBGE.....	71
Figura 19 - Programa Melhor Caminho.....	76
Figura 20 - Localização das propriedades do Grupo 01.....	81
Figura 21 - Localização das propriedades do Grupo 02.....	82
Figura 22 - Localização das propriedades do Grupo 03.....	83
Figura 23 - Localização das propriedades do Grupo 04.....	84
Figura 24 - Localização das propriedades do Grupo 05.....	85
Figura 25 - Localização das propriedades do Grupo 06.....	86
Figura 26 - Localização das propriedades do Grupo 07.....	87
Figura 27 - Localização das propriedades do Grupo 08.....	88
Figura 28 - Localização das propriedades do Grupo 09.....	89
Figura 29 - Localização das propriedades do Grupo 10.....	90
Figura 30 - Localização das propriedades participantes da pesquisa de campo.....	91
Figura 31 - Formas de abastecimento de água da zona rural do Bioma Mata Atlântica.....	93
Figura 32 - Formas de abastecimento de água da zona rural do Bioma Cerrado.....	94
Figura 33 - Sistema Aquífero de Engenheiro Coelho.....	97
Figura 34 - Tendência das demandas outorgadas por tipo.....	100
Figura 35 - Tendência das demandas outorgadas por finalidade.....	100
Figura 36 - Outorgas catalogadas pelo DAEE.....	102



Figura 37 - Evolução das formas de abastecimento de água nas propriedades rurais brasileiras.	104
Figura 38 – Exemplo de Poço Raso.	106
Figura 39 - Diferença de profundidade de coleta do poço profundo.	107
Figura 40 - Exemplo de nascente.	108
Figura 41 - Represas utilizadas para abastecimento de água na zona rural.	109
Figura 42 - Exemplo de caminhão pipa.	110
Figura 43 – Exemplo esquemático de um sistema de aproveitamento de água das chuvas...	111
Figura 44 – Exemplo de poço com altura na abertura visando impedir entrada de águas pluviais.	120
Figura 45 – Exemplo de reservatório elevado e ligado a encanamentos.	128
Figura 46 - Tipo de esgotamento sanitário da zona rural do Bioma Mata Atlântica.	134
Figura 47 - Tipo de esgotamento sanitário da zona rural do Bioma Cerrado.	134
Figura 48 - Localização das fossas rudimentares identificadas.	137
Figura 49 - Fossa a céu aberto identificada.	138
Figura 50 – Modelo esquemático de uma fossa rudimentar.	141
Figura 51 - Fossa rudimentar em Engenheiro Coelho – Grupo 04.	142
Figura 52 - Fossa rudimentar com tampa quebrada em Engenheiro Coelho – Grupo 07.	142
Figura 53 – Modelo esquemático das Fossas Sépticas.	143
Figura 54 - Fossa séptica em Engenheiro Coelho – Grupo 10.	144
Figura 55 - Fossa séptica em Engenheiro Coelho – Grupo 05.	144
Figura 56 - Fossa séptica bem vedada em Engenheiro Coelho – Grupo 07.	145
Figura 57 - Modelo esquemático de um biodigestor anaeróbio.	147
Figura 58 - Evolução das formas de destinação de resíduos sólidos nos domicílios rurais brasileiros.	150
Figura 59 - Locais onde são praticadas a queima dos resíduos.	155
Figura 60 - Exemplo de biodigestor do tipo batelada em área rural.	156
Figura 61 - Mapa das localidades que aderem ou não à coleta seletiva.	165
Figura 62 - Situação dos imóveis rurais em relação ao eixo de drenagem das águas pluviais (considerando a delimitação de rural do PNSR).	168
Figura 63 - Microbacias hidrográficas de Engenheiro Coelho.	172
Figura 64 - Mapa de uso e ocupação do solo nas microbacias identificadas.	182
Figura 65 - Determinação da largura média da bacia.	189
Figura 66 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).	190
Figura 67 – Exemplo de erosão em estrada rural.	191
Figura 68 – Exemplo de pedras utilizadas para o melhoramento da via.	192
Figura 69 - Modelo esquemático de telhado coletor de águas pluviais.	195
Figura 70 - Cisterna de superfície para armazenamento de águas pluviais.	196
Figura 71 – Sistema de irrigação de culturas agrícolas por gotejamento utilizando águas pluviais.	196



Figura 72 - Exemplo de ravinas.	198
Figura 73 - Exemplo de voçoroca.	199
Figura 74 - Exemplo de SAC e reservatório de distribuição na zona rural de Marechal Cândido Rondon/PR.	208
Figura 75 - Exemplo de Sistema Descentralizado.	224
Figura 76 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado.	225
Figura 77 - Sistema individual de tratamento - Fossas Sépticas.	228
Figura 78 - Sistema individual de tratamento - Valas de Infiltração.	229
Figura 79 - Sistema individual de tratamento – Sumidouros.	230
Figura 80 - Estação compacta de tratamento de esgoto sanitário.	231
Figura 81 - Esquema de Fossa Séptica Biodigestora.	235
Figura 82 - Exemplos de Fossas Sépticas Biodigestora.	236
Figura 83 - Esquema de Círculo de Bananeiras.	236
Figura 84 - Exemplos de Círculo de Bananeiras.	237
Figura 85 - Esquema de um Tanque de Evapotranspiração - TEvap.	238
Figura 86 - Exemplo de Tanque de Evapotranspiração - TEvap.	239
Figura 87 - Exemplo de trator agrícola com caçambas.	256
Figura 88 - Recipientes para a coleta seletiva.	259
Figura 89 – Método “Super R” de compostagem (composteira doméstica).	268
Figura 90 - Esquema do processo de assoreamento.	277
Figura 91 - Exemplo de bacia de detenção em área rural.	280
Figura 92 - Demonstração das faixas de App's de acordo com o código florestal.	281
Figura 93 - Exemplo de aplicação de paliçadas.	282
Figura 94 – Público-alvo.	310
Figura 95 – Consulta Pública PMSR de Engenheiro Coelho.	324
Figura 96 – Convite para Audiência Pública (Diário Oficial).	325
Figura 97 - Lista de Presença Audiência Pública.	328
Figura 98 – Apresentação completa Audiência Pública.	329
Figura 99 – Registro Fotográfico da Audiência Pública.	335



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Precipitação anual em Engenheiro Coelho.	34
Tabela 2 - Classes de declividade com indicações gerais da adequabilidade e restrições para o planejamento.	41
Tabela 3 - Censo Escolar de 2021 – Engenheiro Coelho.....	59
Tabela 4 – Estrutura etária da população do Município de Engenheiro Coelho.	61
Tabela 5 – Taxa de mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer no município.	62
Tabela 6 – População rural do Município de Engenheiro Coelho.....	65
Tabela 7 – Projeção da população rural do município até o ano 2045.	67
Tabela 8 - Propriedades visitadas por grupo de separação.	81
Tabela 9 - Vantagens e desvantagens para as fontes de obtenção de água.	113
Tabela 10 - Hierarquia do fluxo de drenagem computado.....	173
Tabela 11 – Dados extraídos das microbacias.	178
Tabela 12 - Tempo de Concentração para as microbacias rurais de Engenheiro Coelho.	181
Tabela 13 – Área (em km ²) de cada classe identificada nas microbacias.....	183
Tabela 14 - Valores da Equação de intensidade da chuva.	185
Tabela 15 - Valores para determinação de C2.	189
Tabela 16 - Vazões para diferentes Tempos de Retorno pelo Método I-PAI-WU.....	190
Tabela 17 – Dados da campanha.	201
Tabela 18 - Demandas para o Sistema de Abastecimento de Água.	205
Tabela 19 - Tabela Síntese do Objetivo 1.....	213
Tabela 20 - Tabela SINAPI para a construção de paredes de proteção ao redor dos poços e caixa de alvenaria para proteção das nascentes.....	215
Tabela 21 - Tabela Síntese do Objetivo 3.....	217
Tabela 22 - Análise de Investimentos nos Sistemas de Abastecimento de Água.....	218
Tabela 23 - Projeção da geração de esgoto nas propriedades rurais.....	221
Tabela 24 - Valores de Cargas Orgânicas de DBO.	223
Tabela 25 - Ações de emergência e contingência para contaminação por fossas.	241
Tabela 26 - Tabela Síntese do Objetivo 1.....	243
Tabela 27 - Tabela Síntese do Objetivo 2.....	246
Tabela 28 - Análise de investimento nos sistemas de esgotamento sanitário.	248
Tabela 29 - Estimativa da geração total, reciclados e compostáveis.	251
Tabela 30 - Cores de identificação de resíduos sólidos.	258
Tabela 31 - Forma de Segregação dos resíduos sólidos.	260
Tabela 32 - Vantagens e desvantagens.	262
Tabela 33 - Ações de Emergência e Contingência - Resíduos Sólidos.	268
Tabela 34 - Tabela Síntese do Objetivo 1.....	272
Tabela 35 - Tabela Síntese do Objetivo 2.....	274



Tabela 36 - Análise de investimento no Gerenciamento de Resíduos Sólidos.	275
Tabela 37 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos.	285
Tabela 38 - Tabela Síntese do Objetivo 1.....	289
Tabela 39 - Tabela Síntese do Objetivo 2.....	292
Tabela 40 - Análise de investimento no Sistema de Drenagem.	293
Tabela 41 - Análise Global.	303



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Média de temperaturas e precipitação em Engenheiro Coelho.	33
Gráfico 2 – População por idade e sexo em 2023 – Engenheiro Coelho.	57
Gráfico 3 - Produto Interno Bruto – PIB (R\$ X 1.000).	64
Gráfico 4 - Evolução da população rural do Município de Engenheiro Coelho.	65
Gráfico 5 - Taxa de crescimento populacional.	66
Gráfico 6 - Formas de obtenção de água na zona rural de Engenheiro Coelho.	112
Gráfico 7 – Finalidade do uso de água oriunda de poços na zona rural.	115
Gráfico 8 – Distância dos poços em relação as fontes de contaminação.	116
Gráfico 9 – Localização em relação a fossa.	117
Gráfico 10 – Revestimento interno dos poços.	117
Gráfico 11 – Alagamentos ao redor do poço.	118
Gráfico 12 – Proteção ao redor da abertura do poço.	119
Gráfico 13 – Poço é protegido por tampa.	120
Gráfico 14 – Integridade da tampa de proteção.	121
Gráfico 15 – Condições da tampa de proteção.	122
Gráfico 16 – É feito algum tratamento para desinfecção da água dentro do poço.	123
Gráfico 17 – Finalidade do uso em Nascentes ou minas.	124
Gráfico 18 – Foi construída na nascente caixa com alvenaria com tampa.	125
Gráfico 19 – A vegetação próxima da nascente está preservada.	126
Gráfico 20 – Usa tonéis, latões ou galões para armazenar a água.	128
Gráfico 21 – Costuma ter problemas com a qualidade da água que utilizam.	130
Gráfico 22 – Percebeu alteração na cor, odor, sabor ou na transparência da água.	130
Gráfico 23 – Recebeu orientação de como fazer o tratamento da água que consome.	131
Gráfico 24 - Destino do esgoto.	136
Gráfico 25 - A limpeza da fossa é feita periodicamente?	139
Gráfico 26 – Na sua rua, você sente cheiro de esgoto?	139
Gráfico 27 - Propriedades da zona rural que possuem coleta de RDO.	152
Gráfico 28 - Propriedades rurais de Engenheiro Coelho que utilizam lixeira para armazenamento do lixo.	153
Gráfico 29 - Diferentes finalidades do RDO nas propriedades rurais de Engenheiro Coelho..	153
Gráfico 30 - Propriedades que possuem hortas ou outro tipo de plantação.	158
Gráfico 31 - Distância aproximada (em metros) da fonte de água mais próxima.	158
Gráfico 32 - Propriedades que utilizam insumos agrícolas em Engenheiro Coelho.	159
Gráfico 33 - Coleta Seletiva.	163
Gráfico 34 - Sistema de Manejo das Águas Pluviais.	169
Gráfico 35 - Ocorrência de alagamentos próximos aos imóveis.	169
Gráfico 36 – As estradas rurais municipais são consideradas conservadas?	193
Gráfico 37 – As estradas rurais particulares são consideradas conservadas?	193



Gráfico 38 – Estado de conservação das estradas de servidão de acordo com os munícipes.	194
Gráfico 39 - Identificação de pontos de erosão próximos às propriedades rurais.....	198
Gráfico 40 - Vazão média L/s para toda a população rural.	206
Gráfico 41 - Investimentos por prazo de execução.....	218
Gráfico 42 - Volume diário de esgoto gerado na área rural de Engenheiro Coelho.....	221
Gráfico 43 - Investimentos por prazo de execução.....	248
Gráfico 44 - Investimentos por prazo de execução.....	275
Gráfico 45 - Investimentos por prazo de execução.....	293



APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrante à elaboração do Plano Municipal de Saneamento Rural (PMSR) de Engenheiro Coelho - SP, referente ao contrato nº 072/2024 – Proc. Adm. 071/2024.

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 e a drenagem e o manejo de águas pluviais rurais.

O Plano Municipal de Saneamento Rural – PMSR de Engenheiro Coelho 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 Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab (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 Engenheiro Coelho.

O seguinte documento apresenta o Produto IX e X, que consistem na Elaboração Final do Plano Municipal de Saneamento Rural e a Validação e Correção Final do PMSR de Engenheiro Coelho – 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 Engenheiro Coelho, 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

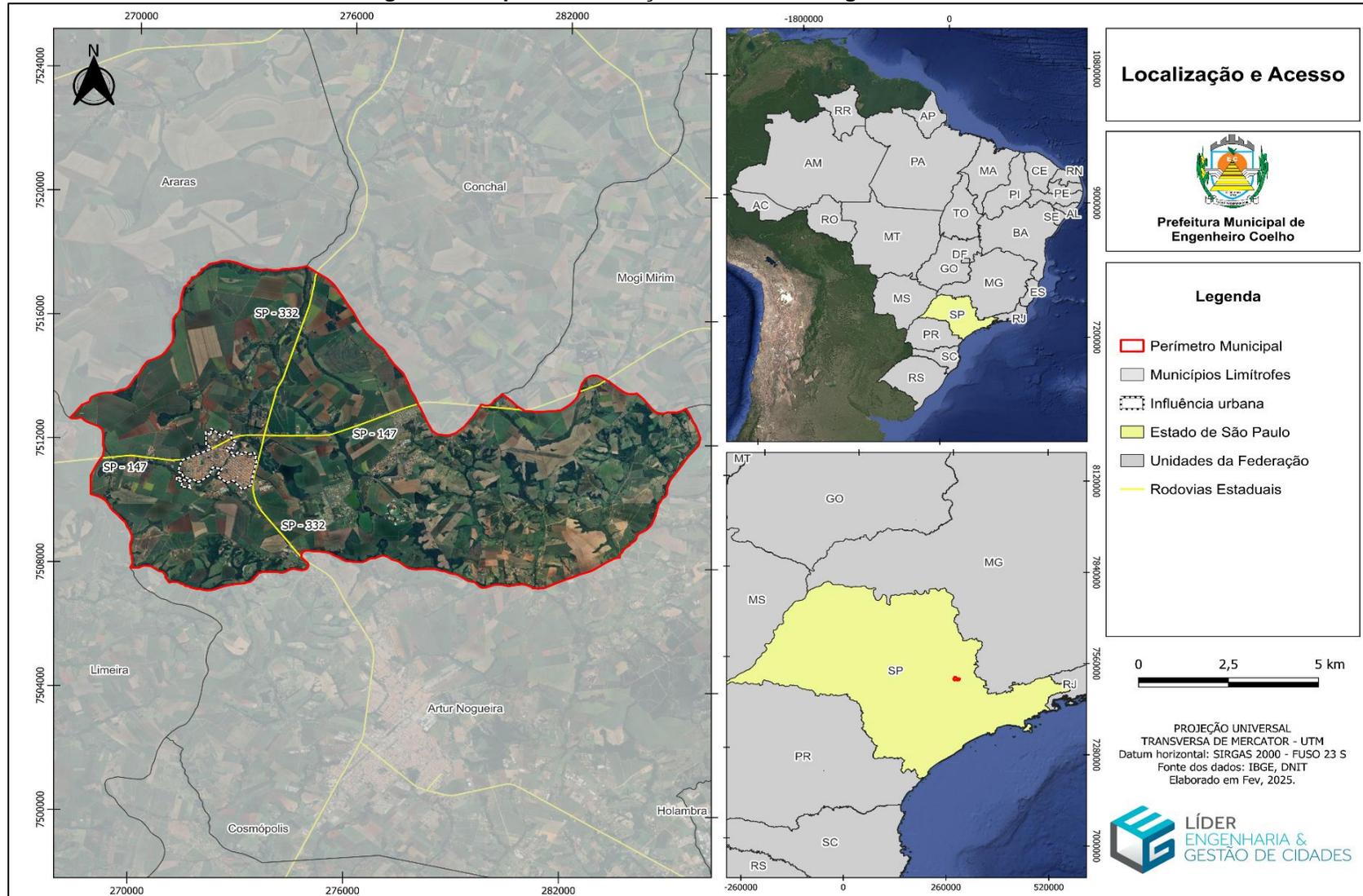
Engenheiro Coelho é um município brasileiro situado no Estado de São Paulo, na mesorregião de Campinas, a 655 metros de altitude, nas coordenadas geográficas de latitude 22°29'21.54"S e longitude 47°12'34.59"O de Greenwich. Está a 169 km de distância da capital do Estado de São Paulo, e a 1.017 km de distância da capital do país, Brasília.

A área territorial do município corresponde a aproximadamente 109,8 km² e de acordo com o IBGE, a população estimada no último Censo Demográfico, ano de 2022, eram de 19.566 habitantes. Neste sentido, a densidade demográfica é cerca de 178,2 habitantes/km². Os habitantes nascidos no município possuem o gentílico de engenheiro-coelhense.

Os municípios limítrofes são: Artur Nogueira ao sul, Mogi-Mirim, Araras e Conchal ao Norte e Limeira a Oeste. A principal via de acesso ao Município de Engenheiro Coelho é a SP - 147.

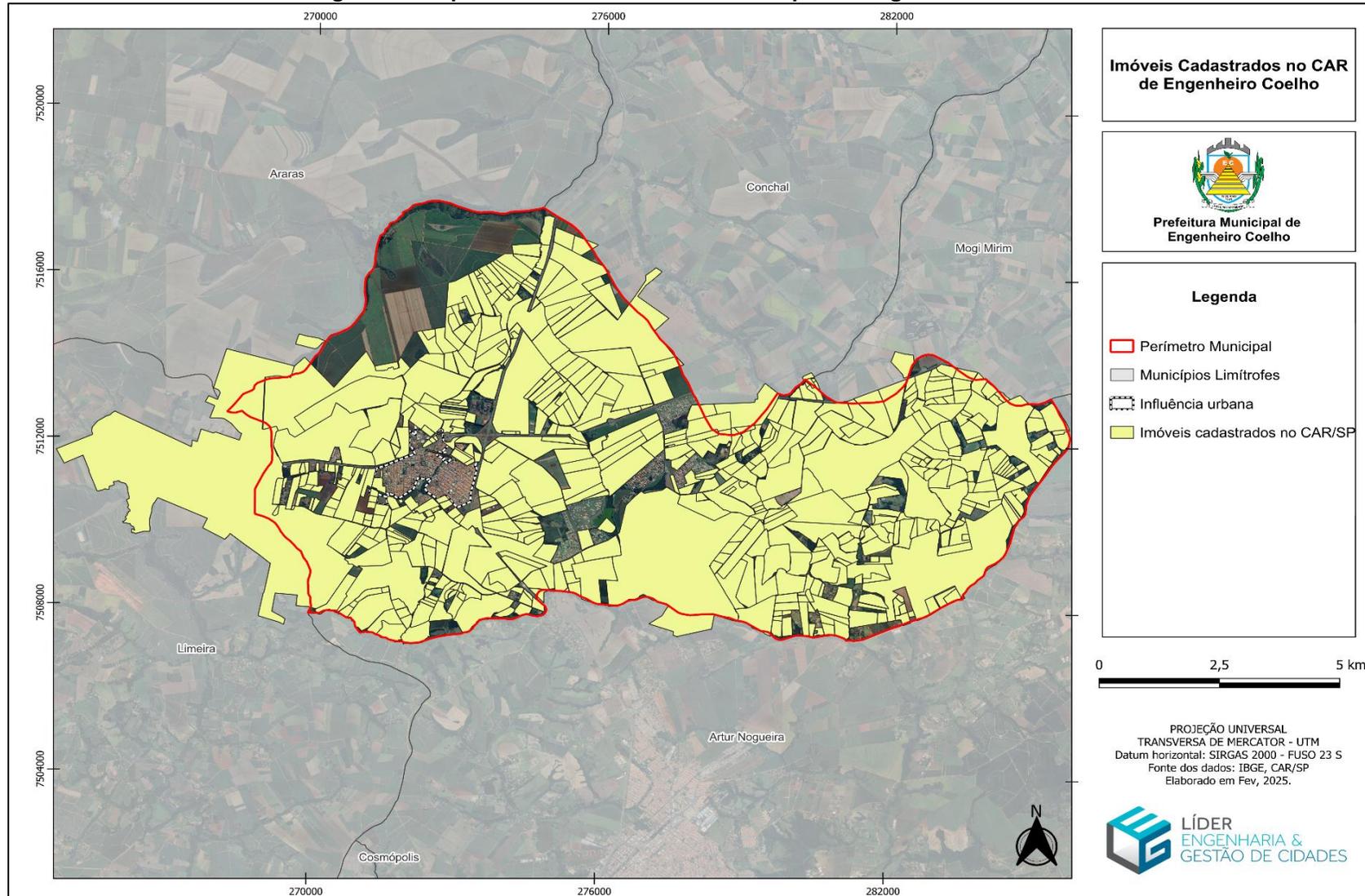
O CAR, Cadastro Ambiental Rural, é um documento eletrônico que registra as informações das propriedades rurais, incluindo a localização, a área, a cobertura vegetal e os passivos ambientais. O município conta com 635 CARs registrados, segundo informações da própria Prefeitura Municipal.

Figura 1 – Mapa de localização e acesso de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Figura 2 – Mapa de CARs existentes no Município de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



1.2. Histórico

Entre 1908 e 1910, a região que hoje corresponde ao município de Engenheiro Coelho era conhecida como Guaiquica, uma propriedade pertencente a Joaquim Cardoso de Moraes. Posteriormente, em 1891, o imigrante belga Pedro Hereman adquiriu essas terras, renomeando-as como Fazenda São Pedro. Hereman intensificou as atividades de construção e produção agrícola na fazenda, o que contribuiu para o crescimento das colônias locais. Foi nesse contexto que a Usina Ester foi estabelecida por meio de uma parceria entre Artur Nogueira e Companhia. Para apoiar a expansão da produção agrícola, a Estrada de Ferro Funilense foi construída, conectando a região a outros mercados.

Em 1912, com o objetivo de fortalecer as atividades agrícolas, foi inaugurada a Estação da Estrada de Ferro na Colônia de Guaiquica, posteriormente chamada de Estação de Engenheiro Coelho. Apesar de sua importância histórica, a estação está atualmente desativada. O nome "Engenheiro Coelho" foi atribuído à localidade em homenagem ao engenheiro José Luiz Coelho, inspetor da ferrovia e representante da Fazenda Estadual, durante a construção da estrada que conecta Limeira a Mogi Mirim, em 1939. Este foi um marco para o desenvolvimento local.

Entre 1880 e 1930, a economia da região foi impulsionada pela produção de café, favorecida pela alta fertilidade do solo (latossolo vermelho escuro), o que proporcionou um período de prosperidade para os agricultores. Na década de 1940, novos ciclos agrícolas se estabeleceram, com destaque para o cultivo de algodão, arroz, mandioca e cana-de-açúcar. Já na década de 1950, a produção de citrus, especialmente de laranja, tornou-se a principal atividade agrícola da região.

A formação administrativa do município teve início com a elevação de Engenheiro Coelho à categoria de distrito, por meio da Lei Estadual Nº 2.343, em 14 de maio de 1990. Posteriormente, em 3 de outubro de 1991, foi instituída a primeira administração municipal, com vereadores e prefeito, consolidando sua emancipação política.



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. As estradas rurais também são importantes para a preservação do meio ambiente, pois permitem o acesso a áreas de cultivo, pastagem e florestas.

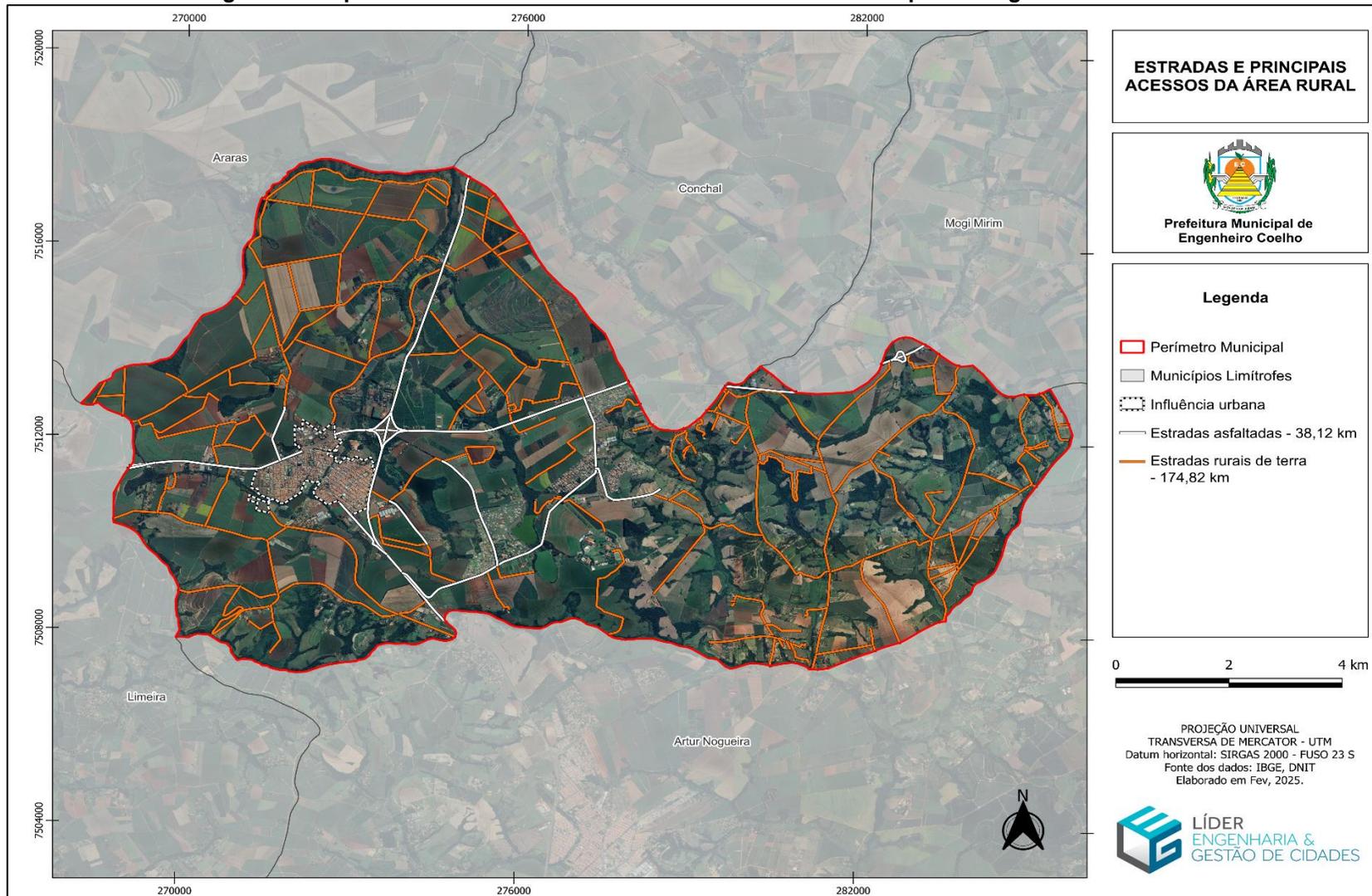
Manter as estradas rurais em boas condições é essencial para garantir a segurança dos motoristas e pedestres, além de facilitar o acesso aos serviços. As estradas rurais também devem ser mantidas em boas condições para evitar a erosão do solo e a degradação do meio ambiente. Alguns dos benefícios de 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 e a degradação das florestas.

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.



Figura 3 – Mapa das estradas rurais de terra e asfaltadas no município de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



O município possui áreas de cultivo em diferentes áreas, com uma economia agrícola baseada principalmente na produção de laranjas, cana de açúcar, mandioca e hortaliças, além de um grande número de chácaras de recreio desenvolvidas majoritariamente na zona rural. Isso resulta em uma grande pressão sobre as vicinais, além do uso pela própria população rural.

Em relação aos programas existentes no município para a conservação e manutenção das estradas rurais, têm-se o Programa Melhor Caminho, implementado em Engenheiro Coelho para a recuperação de 6 km de estradas rurais nos bairros Mato Dentro e Correia, por meio de um convênio firmado entre o município e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Criado para aprimorar a infraestrutura viária rural, o programa busca garantir melhores condições de tráfego, facilitando o escoamento da produção agropecuária e o transporte escolar (PMEC, 2023).

O Município de Engenheiro Coelho conta com uma rede de estradas rurais que somam mais de 174 km de extensão em sua totalidade, para garantir a qualidade das estradas rurais e segurança dos usuários, o município possui a Lei Ordinária nº 1294/2021, que institui o programa municipal de abertura, conservação e manutenção das estradas rurais e estabelece normas para os cursos de águas pluviais e dão outras providências. A lei define os parâmetros técnicos necessários para a construção e manutenção das estradas, como largura, inclinação e revestimento.

A recuperação das estradas é uma atividade importante para a melhoria da qualidade de vida da população, o município realiza periodicamente manutenções nas estradas rurais.

Essas manutenções incluem serviços de limpeza, tapa-buracos, revestimento e, em alguns casos, construção de novas pontes, as manutenções são realizadas em todas as épocas do ano, mas são mais intensas durante o período chuvoso, quando as estradas estão sujeitas a danos.

A drenagem inadequada pode causar alagamentos e inundações, que podem trazer diversos problemas para a população, como a destruição de propriedades, o comprometimento da saúde pública e a interrupção das atividades econômicas. Na etapa do Diagnóstico, serão abordados, no eixo de drenagem, os pontos críticos que impactam na qualidade das estradas.



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°C e 18°C no mês mais frio;



D - com temperatura média abaixo de -3°C o mês mais frio e temperatura média maior do que 10°C para o mês mais quente;

E - temperatura média menor do que 10°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 de Engenheiro Coelho. 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:

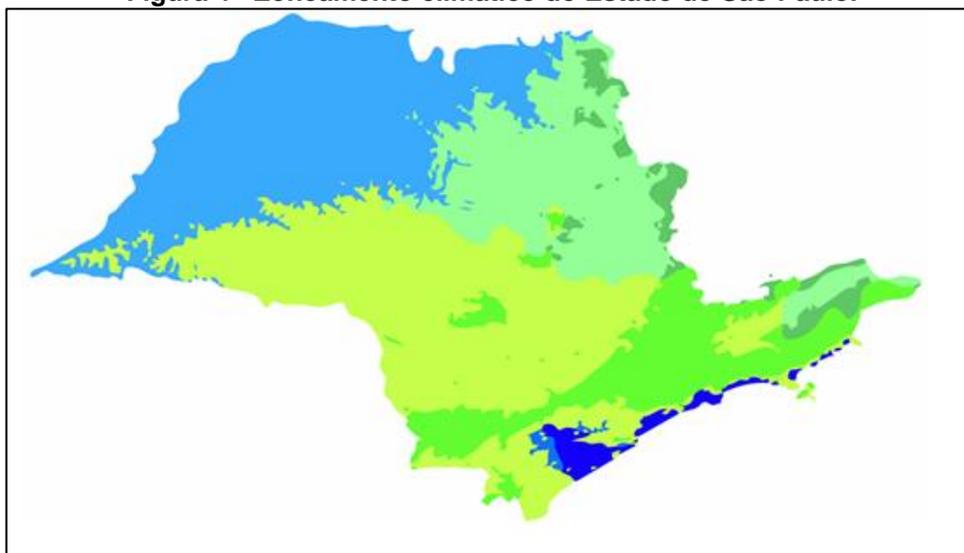
- **Aw – Clima tropical de savana:** apresenta estação chuvosa no verão com média anual de 1.500mm, e estação seca no inverno com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C , e precipitação do mês mais seco menor que 60mm;
- **Bsh – Clima Semi-Árido quente:** De acordo com a EMBRAPA – Empresa 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.

- **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 4 - Zoneamento climático do Estado de São Paulo.



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

Segundo a classificação de Köppen Geiger o clima do município é Cfa/Cwa, ou seja, mesotérmico úmido de verão quente. Este tipo de clima é caracterizado por



verões quentes e chuvosos, com temperatura média do mês mais quente e superior a 22 °C, e invernos secos e frios.

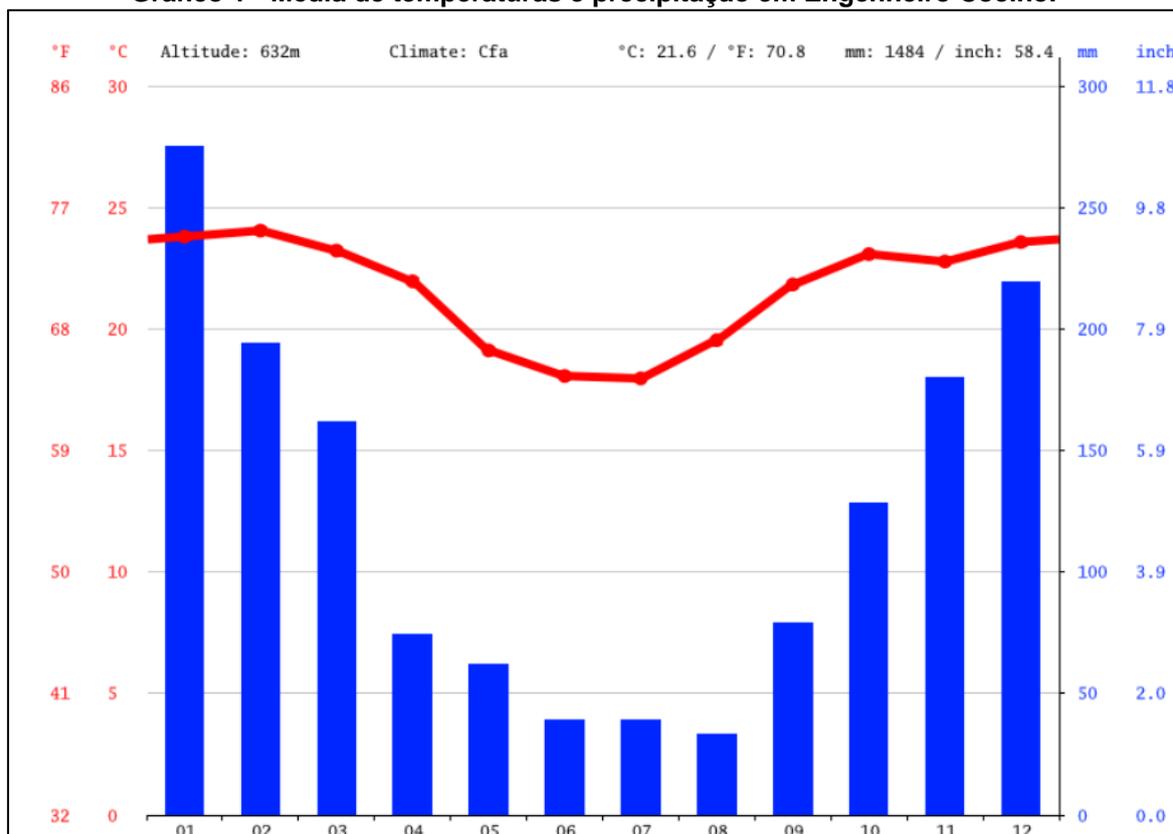
1.4.2. Temperatura

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. Em Engenheiro Coelho, caracterizado por uma temperatura quente e moderada, o município possui baixa precipitação em alguns meses do ano, geralmente entre maio e agosto. Já o mês com maior precipitação é janeiro.

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

No Município de Engenheiro Coelho a temperatura média anual é de aproximadamente 21,6°C. Sendo assim, através do gráfico abaixo é possível observar estas variações de temperatura no município.

Gráfico 1 - Média de temperaturas e precipitação em Engenheiro Coelho.



Fonte: CLIMATE-DATA, 1991-2025.

1.4.2.1. Precipitação

A precipitação é um fenômeno que inclui a chuva, a neve, a neblina, o granizo, o orvalho ou outros fenômenos relacionados à queda de água no céu. A unidade de medida utilizada para calcular a quantidade ocorrida de precipitação em um determinado local é o mm/m².

Em Engenheiro Coelho, a precipitação anual é de aproximadamente 1.484mm. A estação de maior precipitação dura 6 meses, variando de outubro a março. Os meses com maior número de dias com precipitação são os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

A estação seca dura entre os meses de abril a agosto durando em média cinco meses. Junho, julho e agosto são os meses com menor número de dias com precipitação, sendo 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 Engenheiro Coelho.



Tabela 1 - Precipitação anual em Engenheiro Coelho.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Chuva (mm)	275	194	162	74	62	39	39	33	79	128	180	219
Dias Chuvosos (d)	16	14	13	6	5	3	3	3	6	10	12	15
Umidade (%)	77%	76%	77%	72%	69%	69%	65%	58%	58%	64%	72%	76%

Fonte: Climate-data, 1991-2025.

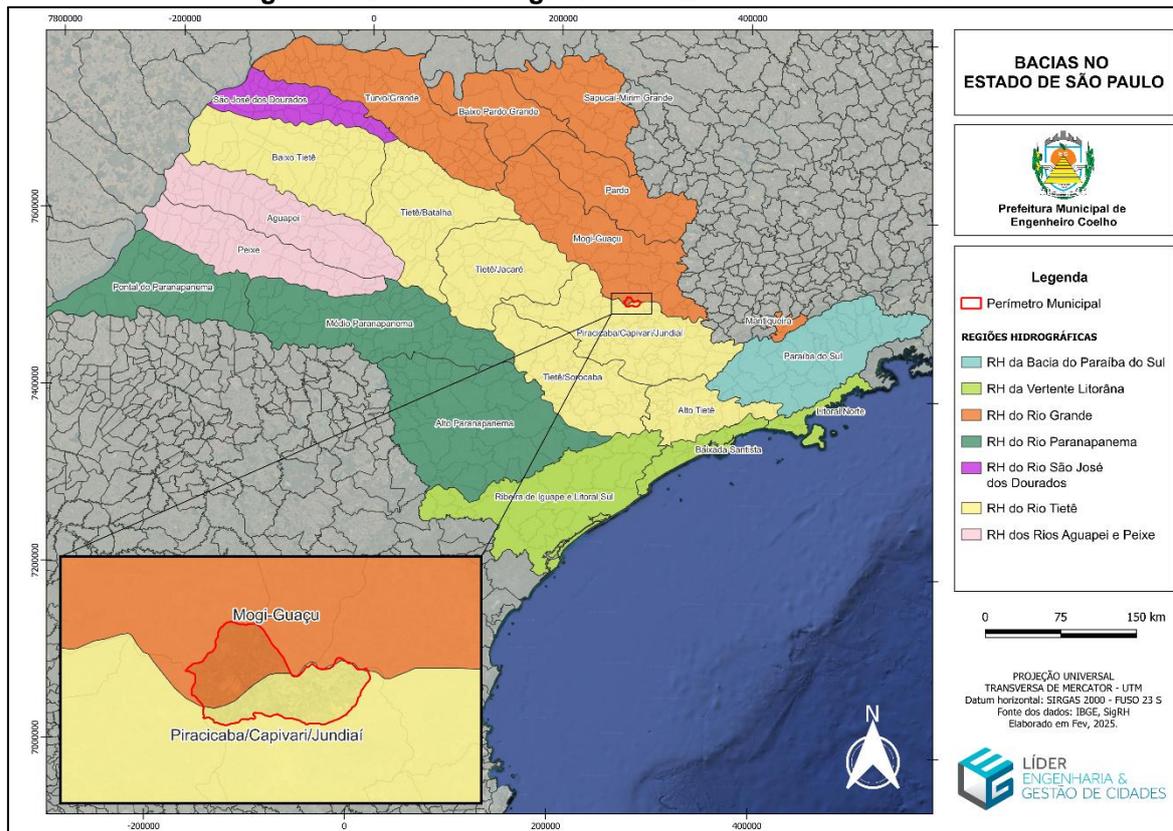
1.4.3. Levantamento da Rede Hidrográfica do Município

A rede hidrográfica de um município é o conjunto de cursos d'água superficiais (rios, córregos, riachos, ribeirões, entre outros) e corpos hídricos associados (lagos, lagoas, represas) que estão integrados em uma bacia hidrográfica ou sub-bacia que drena o território municipal. Essa rede é estruturada hierarquicamente, conforme o padrão de drenagem, e sua configuração depende das características geomorfológicas, geológicas, climáticas e do uso e ocupação do solo do município.

Em relação ao Estado de São Paulo, o mesmo é abrangido por três das 12 bacias hidrográficas nacionais, sendo 85% do território pela Bacia do Paraná, seguido pela Bacia do Atlântico Sudeste, com 14% e a Bacia do Atlântico Sul, com apenas 1%.

Além das regiões hidrográficas nacionais, o Estado de São Paulo divide seu território em 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, UGRHIs, levando em consideração características hidrológicas, ambientais, socioeconômicas e administrativas. Estas unidades são agrupadas em 7 regiões hidrográficas estaduais que estão elencadas no mapa a seguir.

Figura 5 - Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo.



Fonte: SIGRH, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Conforme o mapa apresentado, o município de Engenheiro Coelho está inserido em duas das 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (UGRHs). Cerca de 54,6% do território municipal está localizado na bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, enquanto os outros 45,4% estão na bacia do Rio Mogi Guaçu, onde o mesmo faz parte do Comitê de Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu (CBH-MOGI), integrado por 43 municípios e que engloba cerca de 1.432.000 habitantes.

Alguns dos principais corpos hídricos presentes no território de Engenheiro Coelho são os da microbacia do Ribeirão Guaiquica, microbacia do Córrego das Correias e a microbacia do Córrego do Mato-Dentro.

Abaixo segue o mapa com a representação da hidrografia presente no Município de Engenheiro Coelho.

Figura 6 - Mapa de hidrografia de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

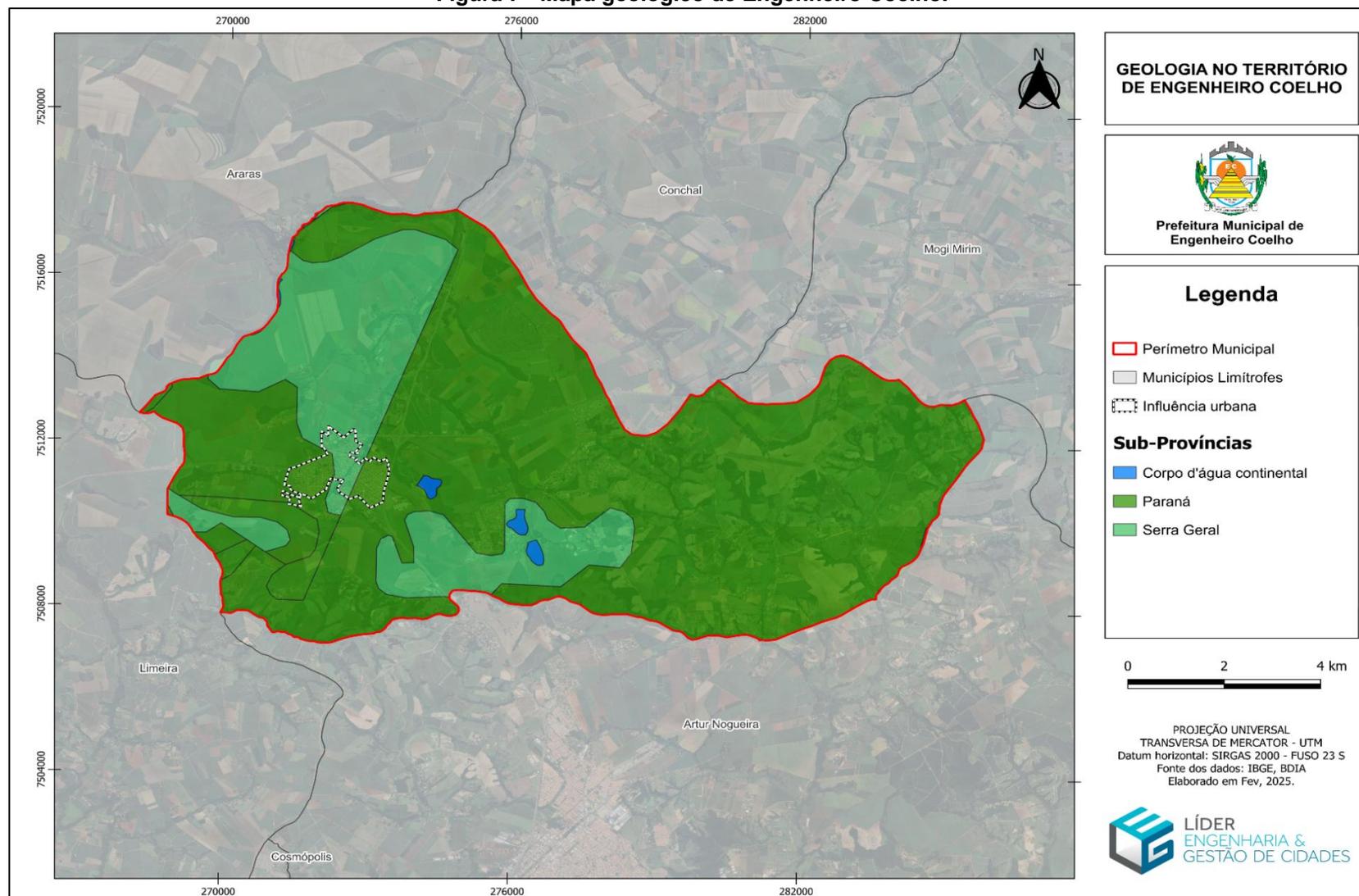


1.4.4. Geologia

A pesquisa sobre a geologia em Engenheiro Coelho 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 77,35% da área do município. Esta formação é conhecida por suas rochas sedimentares. Em seguida, a Formação da Serra Geral representa 22,13% da área.

Figura 7 - Mapa geológico de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



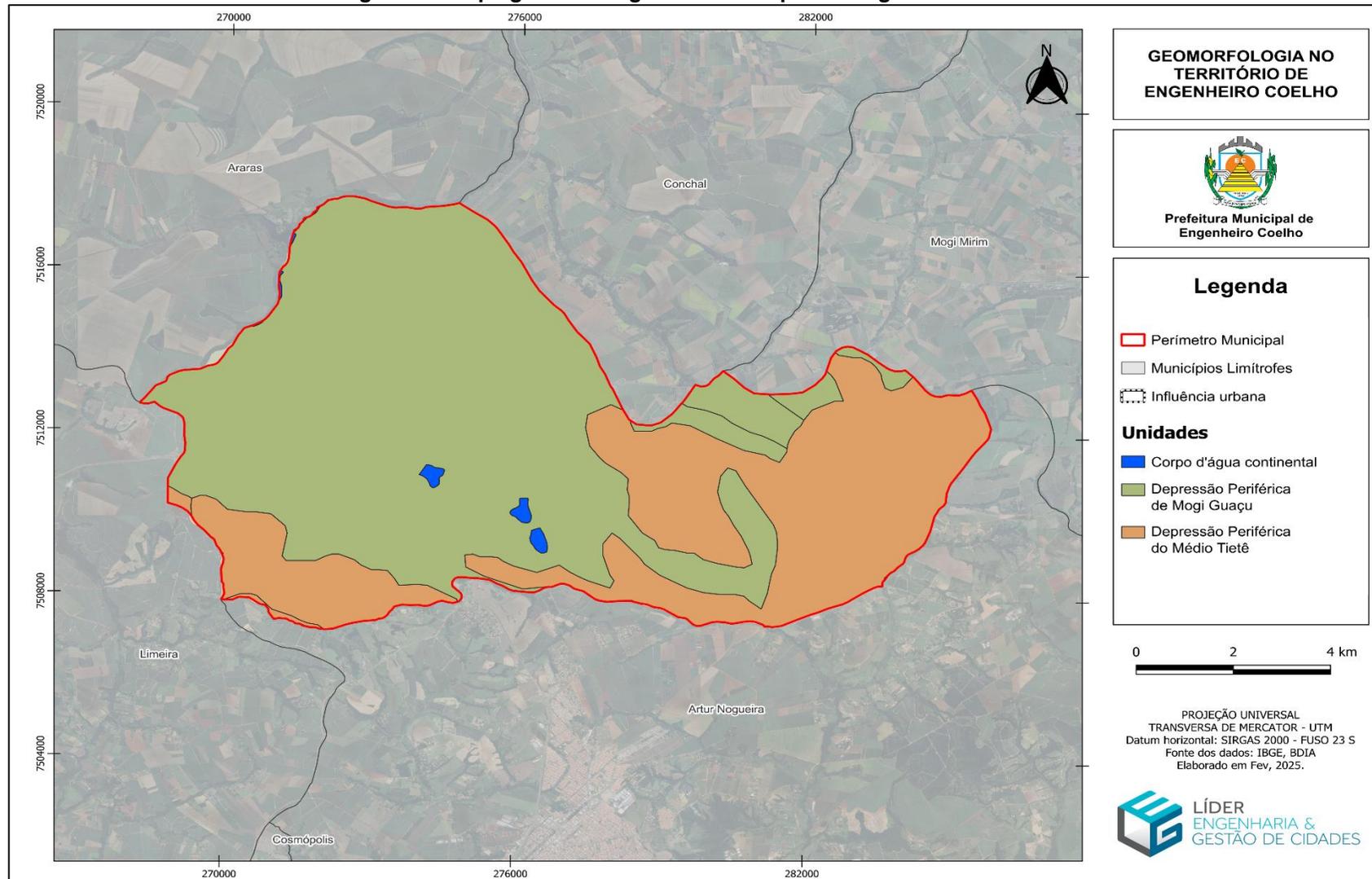
1.4.5. Geomorfologia

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 Engenheiro Coelho, sendo a Depressão Periférica do Mogi-Guaçu, com 64,79% de incidência e a Depressão Periférica do Médio Tietê, com 34,69%.

Figura 8 – Mapa geomorfológico do Município de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.4.6. Declividade

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

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

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

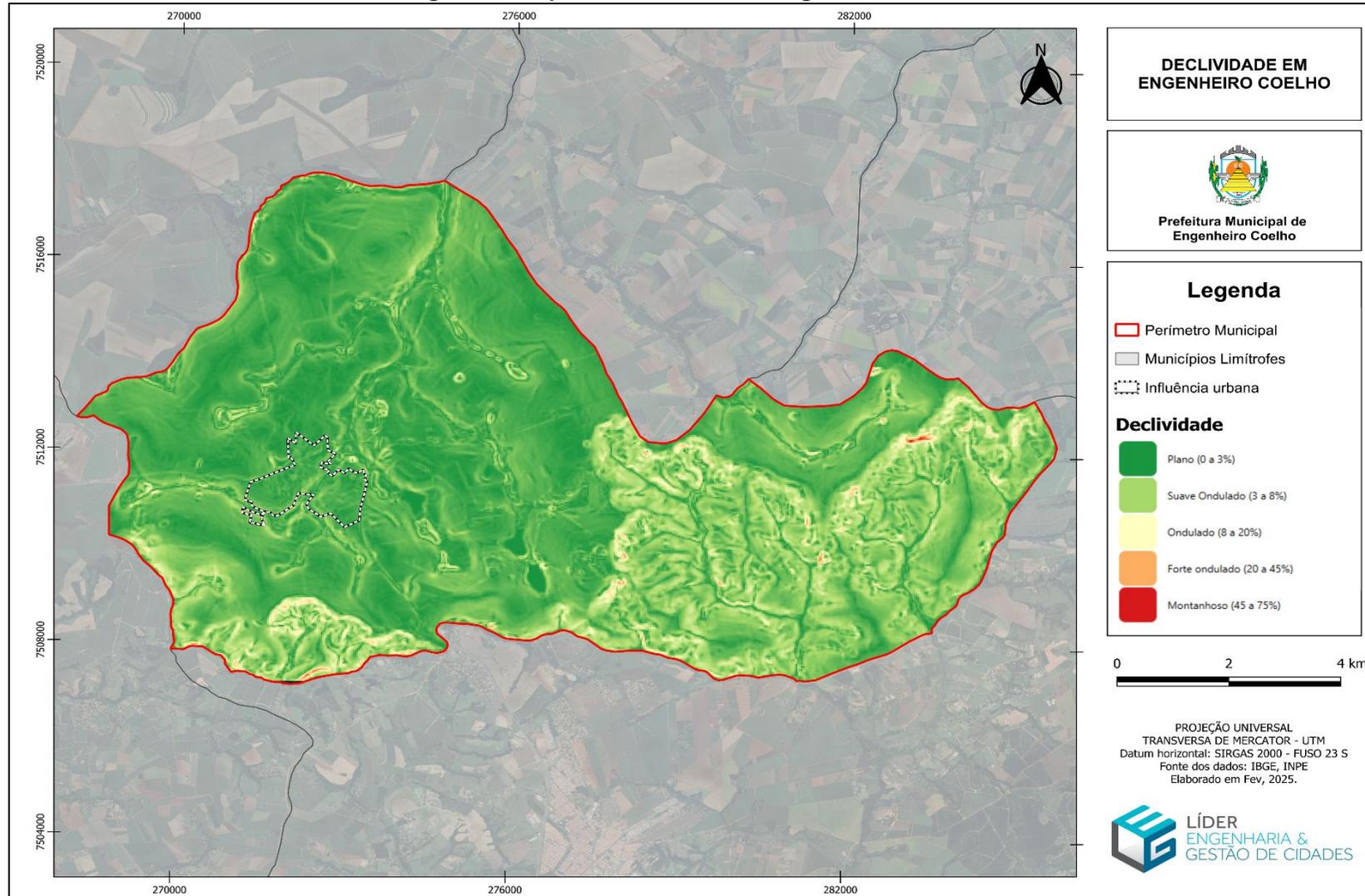
Fonte: Embrapa.

Analisando a tabela acima e as figuras abaixo contendo os mapas de declividade e hipsometria, o Município de Engenheiro Coelho tem como característica predominante ser uma região de relevo suavemente ondulado, com variações topográficas ao longo de sua extensão territorial.

Com relação a hipsometria, o município em comento possui a diferença de aproximadamente 180 m da região com maior altitude e menor altitude (749,13 m a 570,84 m). Sendo assim, as figuras abaixo ilustram os níveis de declividade e altitude encontradas no município.



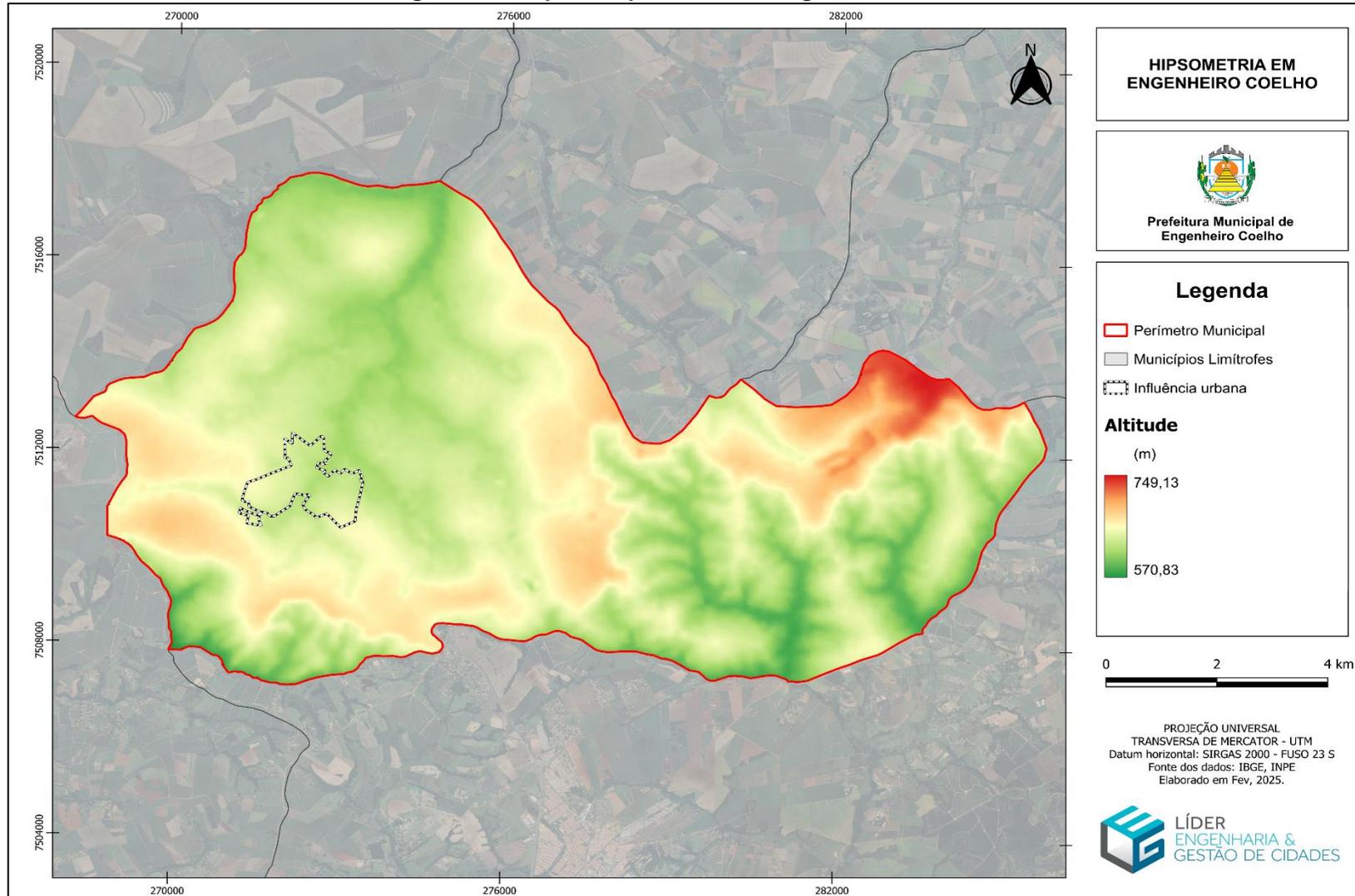
Figura 9 – Mapa de declividade de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



Figura 10 – Mapa de hipsometria de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



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.

A correlação entre esses fatores pode ser observada nos seguintes aspectos:

- A topografia montanhosa favorece a incidência de chuvas, pois as montanhas atuam como barreiras que impedem que as nuvens se desloquem. As chuvas são um dos principais fatores que alimentam os sistemas de drenagem.
- Em áreas de declividade acentuada a água escoar mais rapidamente, pois a inclinação do terreno é maior.
- A topografia montanhosa e a velocidade de escoamento contribuem para a formação de erosão.

A compreensão da correlação entre esses fatores é importante para o planejamento dos sistemas de drenagem para a área rural de Engenheiro Coelho, por mais que não tenha características e relevos montanhosos no município, essa compreensão pode ajudar a evitar problemas como erosões, degradação e inundação.

1.4.7. Solo

No Município de Engenheiro Coelho, de acordo com os dados obtidos no Banco de Dados e Informações Ambientais – BDIA, há 3 tipos de solos. O Latossolo Vermelho, é predominante na região, ocupando 92,37% do território do município, seguido de Argissolo Vermelho-Amarelo com 5,18%, e uma pequena incidência de Latossolo Vermelho-Amarelo, com 0,24%.

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.

Esses solos vêm sofrendo pressão/alteração de diversas formas, incluindo:

- **Agricultura:** O uso intensivo da terra para fins agrícolas é a principal causa de pressão sobre os solos. As práticas agrícolas inadequadas, como a monocultura, o uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos, e o desmatamento, contribuem para a degradação dos solos;
- **Urbanização:** O crescimento urbano também é uma importante fonte de pressão sobre os solos. A expansão das cidades, o desmatamento e a impermeabilização do solo contribuem para a perda da fertilidade e da capacidade de infiltração dos solos;
- **Mudanças climáticas:** As mudanças climáticas também estão afetando os solos. O aumento das temperaturas e a redução das chuvas estão contribuindo para a erosão e a perda da fertilidade dos solos.

Os impactos sobre os corpos hídricos locais são diversos, incluindo:

- **Drenagem:** A impermeabilização do solo dificulta a infiltração da água, o que pode levar ao aumento do escoamento superficial e à ocorrência de enchentes e inundações;



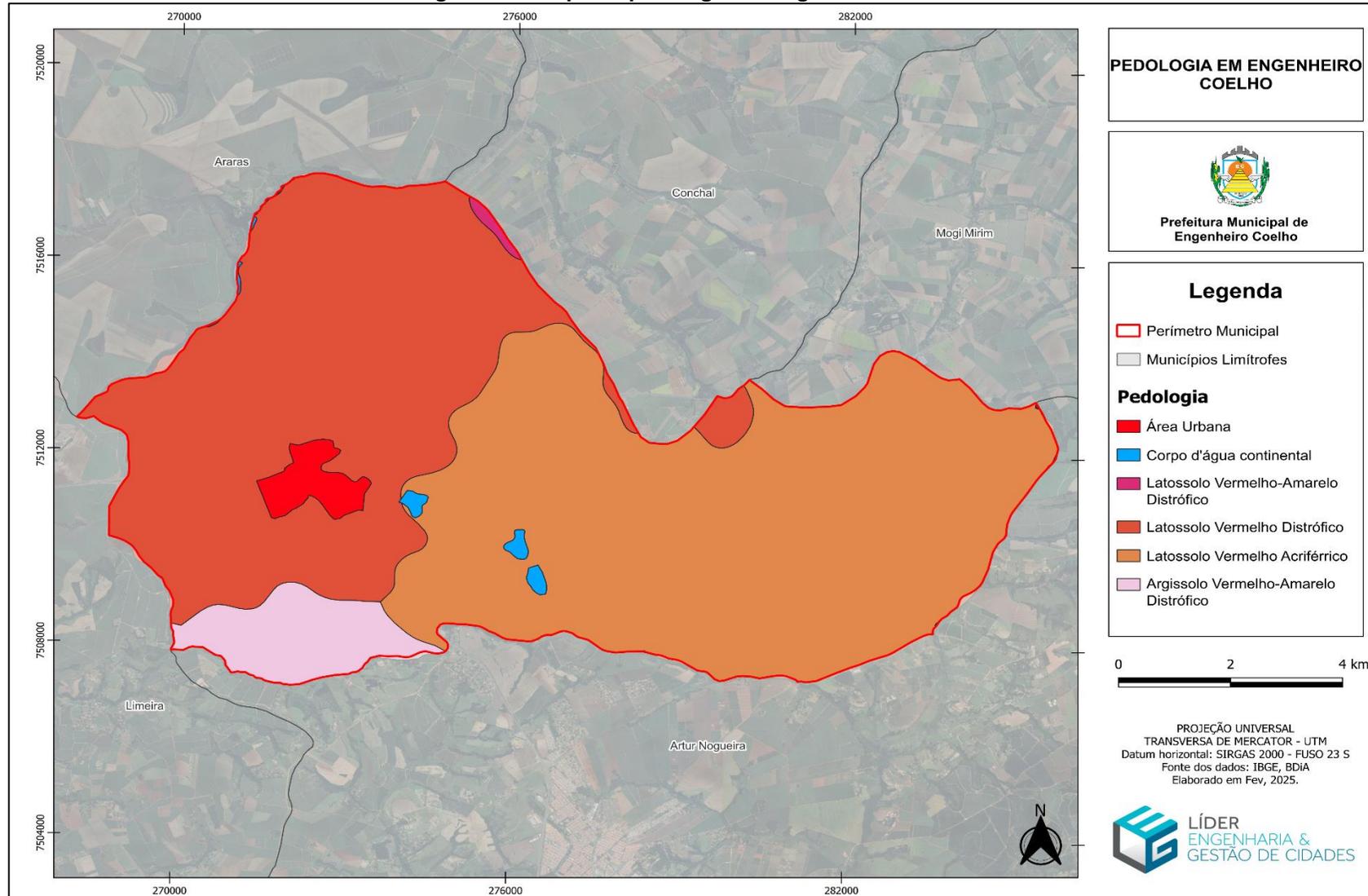
- **Assoreamento:** O desmatamento e a erosão do solo contribuem para o assoreamento dos corpos hídricos, o que pode reduzir a capacidade de armazenamento de água e qualidade da água;
- **Eutrofização:** A poluição por nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio, pode levar à eutrofização dos corpos hídricos, o que pode causar a proliferação de algas e prejudicar a biodiversidade aquática.

A água consumida pela população de Engenheiro Coelho pode ser afetada pela degradação dos solos. A erosão do solo pode levar à contaminação da água por sedimentos, agrotóxicos e fertilizantes químicos. A perda de fertilidade prejudicar a produção agrícola, o que pode aumentar o custo da alimentação e contribuir para a insegurança alimentar.

A perda de fertilidade dos solos é um problema ambiental que tem impactos significativos na sociedade. Os principais aspectos socioeconômicos desse problema são:

- **Redução da produtividade agrícola:** A perda da fertilidade dos solos pode levar à redução da produtividade agrícola, o que pode afetar a renda dos agricultores e o abastecimento de alimentos;
- **Aumento dos custos de produção:** A perda da fertilidade dos solos pode exigir o uso de fertilizantes e agrotóxicos químicos, o que aumenta os custos da produção;
- **Aumento da vulnerabilidade a secas e inundações:** A perda de fertilidade dos solos pode reduzir a capacidade dos solos de armazenar água, o que pode aumentar a vulnerabilidade a secas e inundações.

Figura 11 – Mapa de pedologia de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.4.8. Vegetação

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

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

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

O Cerrado está presente em todas as Regiões brasileiras, e ocupa uma área de aproximadamente 2 milhões de km², cerca de 23,3% do território nacional. Neste bioma estão situadas as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), fato este que resulta em um elevado potencial aquífero e favorece a sua biodiversidade. Possui diversos tipos de fitofisionomias, que abrangem formações campestres, savânicas, e florestais, além de ser considerado como um hotspot mundial de biodiversidade devido a abundância de espécies endêmicas.

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

O Município de Engenheiro Coelho está situado no bioma Mata Atlântica e, de acordo com o Banco de Dados de Informações Ambientais – BDIA, maior proporção da área territorial é de agropecuária e pecuária (pastagens), seguido de áreas de vegetação secundária e Floresta Estacional Semidecidual.

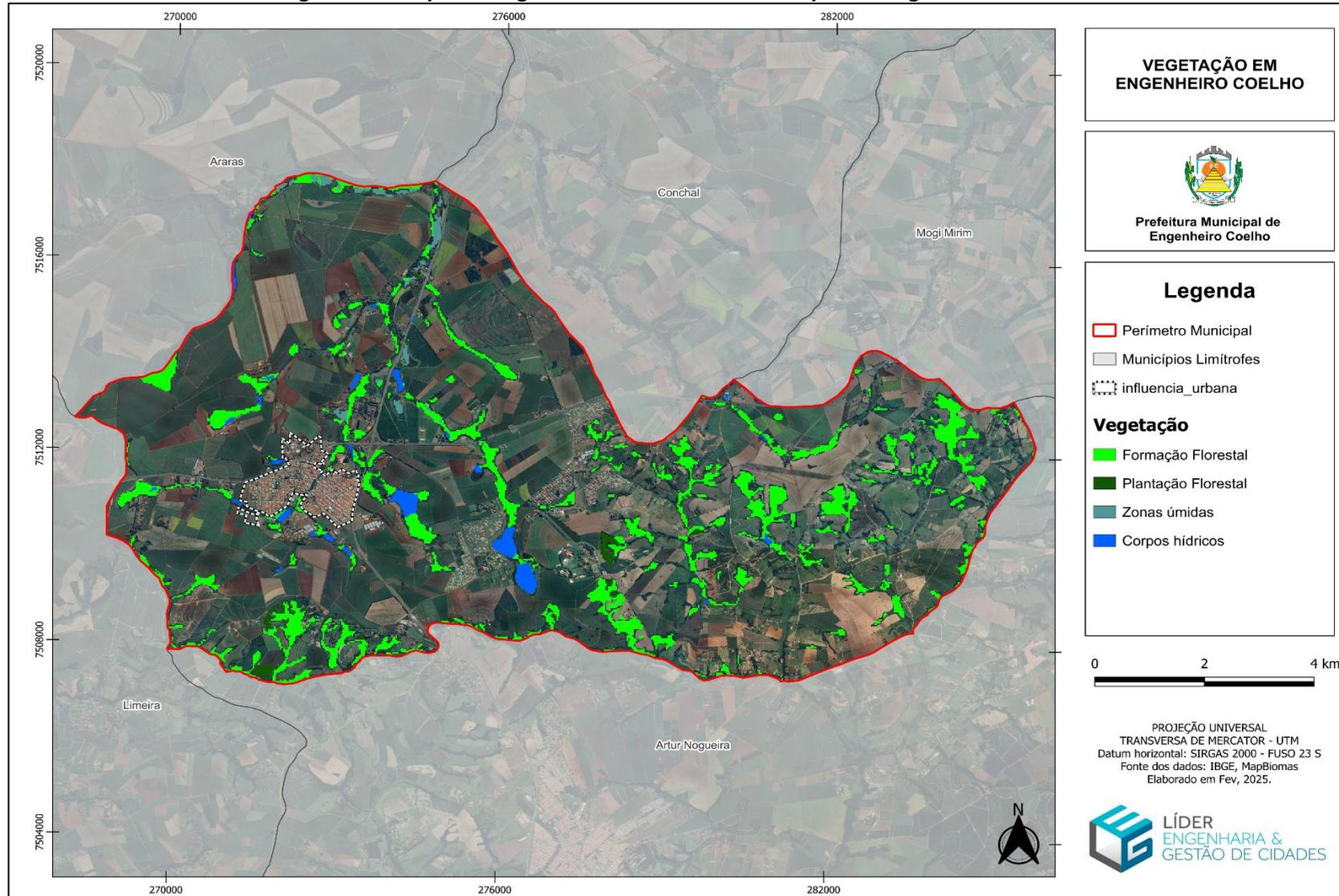


Já as formações de florestas secundárias são de um processo natural de regeneração da vegetação, em áreas que no passado houve corte raso da floresta primária. Nesses casos, quase sempre as terras foram temporariamente usadas para agricultura ou pastagem e a floresta ressurgiu espontaneamente após o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

As florestas estacionais semidecíduais, anteriormente denominadas florestas subcaducifólias, são formações vegetais que se desenvolvem em regiões com umidade inferior àquela encontrada na floresta ombrófila densa. Essas florestas costumam ocorrer em áreas de transição entre a faixa úmida litorânea e o clima semiárido, o que justifica sua denominação popular de "mata seca" (EMBRAPA).

As formações florestais são um aglomerado de árvores com mais de 15 metros de altura onde sua copa se encontra com outra, formando um dossel contínuo.

Figura 12 – Mapa de fragmentos florestais do Município de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



Os fragmentos florestais desempenham um papel essencial na manutenção da qualidade da água, na recarga dos aquíferos e na redução dos impactos sobre os sistemas de drenagem. A vegetação presente nessas áreas favorece a infiltração da água no solo, contribuindo para a reposição dos reservatórios subterrâneos e auxiliando na regularização do fluxo hídrico.

Além disto, esses fragmentos funcionam como reguladores naturais, absorvendo a água das chuvas e liberando-a gradualmente para os cursos d'água, minimizando riscos de erosão e enxurradas. No entanto, a conversão dessas áreas para atividades agrícolas e pecuárias tem gerado preocupações ambientais, uma vez que pode comprometer significativamente esses serviços ecossistêmicos.

1.5. Uso e Ocupação do Solo

O mapa de uso e ocupação do solo é uma representação gráfica da forma como o solo é utilizado em uma determinada área. Ele mostra a localização e o tamanho de diferentes tipos de uso do solo, como residencial, comercial, industrial, agrícola e florestal. O mapa também pode mostrar a infraestrutura e outros aspectos da ocupação do solo. Os mapas de uso e ocupação do solo são utilizados para uma variedade de propósitos, incluindo:

- Planejamento urbano e regional;
- Gestão ambiental;
- Controle do desenvolvimento;
- Pesquisa acadêmica;
- Tomada de decisão;
- Educação pública.

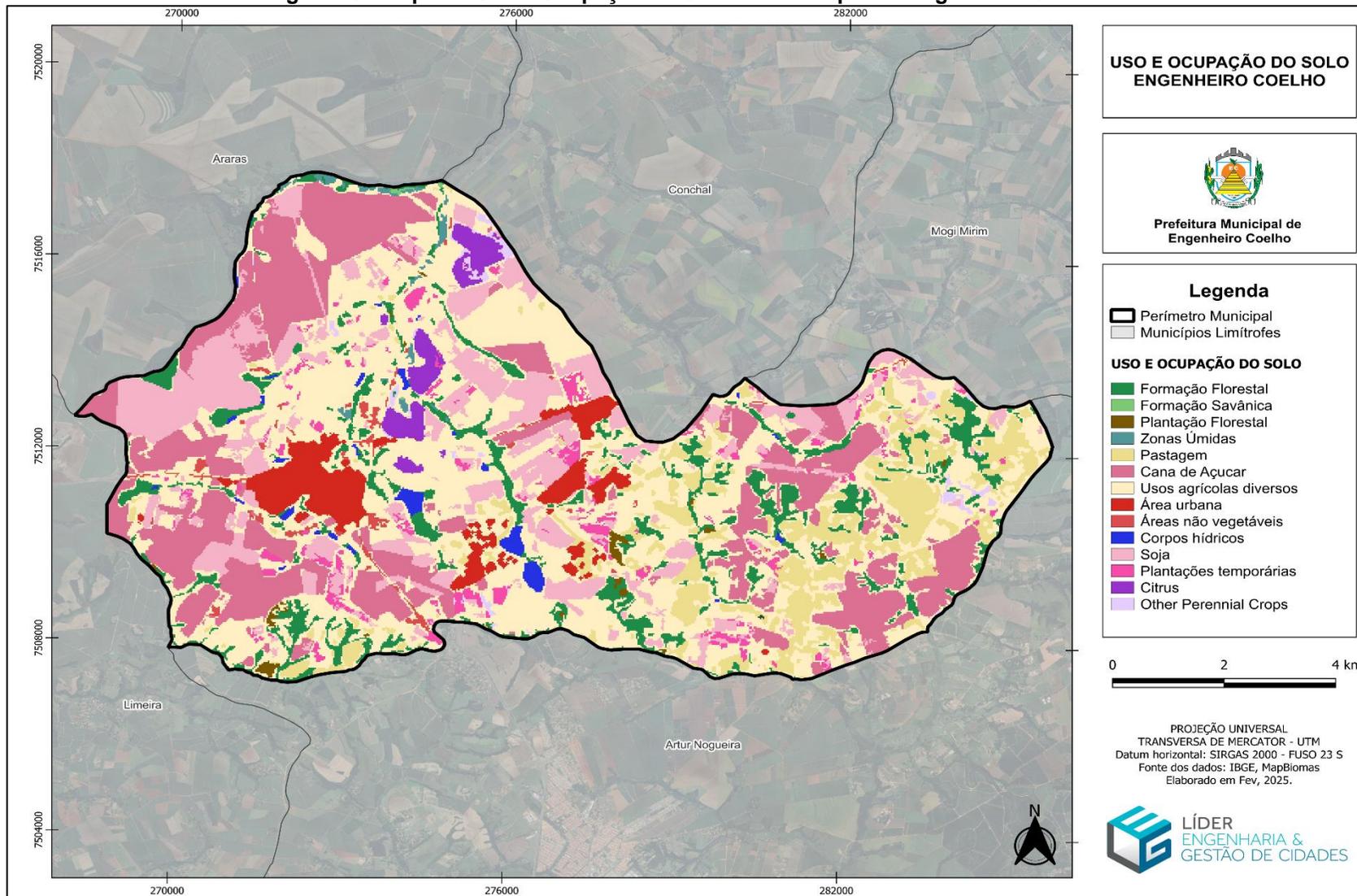
Os mapas de uso e ocupação do solo são uma ferramenta valiosa para entender e gerenciar o uso do solo. Eles podem ajudar a garantir que o desenvolvimento seja sustentável e que os recursos naturais sejam preservados. Aqui estão alguns dos objetivos dos mapas de uso e ocupação do solo:



- Identificar as áreas que estão sendo utilizadas para fins diferentes;
- Avaliar o impacto do uso do solo no meio ambiente;
- Desenvolver planos de desenvolvimento que sejam compatíveis com a capacidade do meio ambiente;
- Controlar o crescimento urbano;
- Proteger áreas frágeis, como florestas e rios;
- Assegurar a disponibilidade de recursos naturais, como água e terra;
- Melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Os mapas de uso e ocupação do solo são uma ferramenta importante para a gestão do meio ambiente e do desenvolvimento rural. Eles podem ajudar a garantir que o uso do solo seja sustentável e que os recursos naturais sejam preservados. Abaixo segue o mapa de uso e ocupação do solo do município de Engenheiro Coelho, segundo dados disponíveis pelo MapBiomas Brasil.

Figura 13 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do município de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



As áreas urbanizadas incluem áreas residenciais, comerciais, industriais e de serviços. As áreas agrícolas incluem pastagens, lavouras e áreas de florestas plantadas, principalmente das culturas de soja e café e outras lavouras temporárias. As pastagens são áreas onde o gado é criado. As florestas são áreas de mata natural. As águas são rios, lagos e represas.

A pastagem é uma atividade que pode causar degradação do solo, o que pode levar à redução da infiltração de água e aumento da erosão. Isso pode prejudicar a qualidade da água, tornando-a mais propensa à contaminação por poluentes, como agrotóxicos, esgoto e resíduos sólidos.

A pecuária é uma atividade que gera grandes quantidades de dejetos animais, que podem contaminar o solo, a água e o ar.

A agricultura é uma atividade que também pode causar degradação do solo e poluição da água. O uso de agrotóxicos e fertilizantes pode contaminar o solo e a água, tornando-os mais propensos à contaminação por poluentes.

O turismo é uma atividade que pode gerar grandes quantidades de resíduos sólidos e esgoto, que podem contaminar o meio ambiente e os sistemas de saneamento básico.

O desmatamento de nascentes devido ao aumento das áreas citadas acima, pode causar a redução do fluxo de água e degradação da qualidade da água. O desmatamento também pode causar o assoreamento dos rios e lagos, o que pode dificultar o tratamento da água.

Os problemas e demandas dos serviços de saneamento básico relacionados às atividades mencionadas acima incluem:

- Aumento da demanda por tratamento de esgoto;
- Aumento da demanda por tratamento de água;
- Aumento da demanda por coleta de resíduos sólidos.

As atividades mencionadas acima podem aumentar a susceptibilidade à contaminação ambiental, riscos à saúde pública e econômicos, como:

- Contaminação ambiental: A contaminação da água, do solo e do ar pode causar danos à saúde humana e ao meio ambiente;



- Riscos à saúde Pública: A contaminação da água pode causar doenças diarreicas, hepatite, febre tifoide, cólera e outras doenças;
- Perdas econômicas: A contaminação da água pode causar perdas econômicas na agricultura, na indústria e no turismo.

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.

É importante tomar medidas para evitar o contato com o necrochorume. Essas medidas incluem, evitar andar ou sentar em cemitérios onde o necrochorume pode estar presente, usar luvas e botas ao trabalhar em cemitérios, não comer ou



beber água que pode estar contaminada com necrochorume e manter os cemitérios limpos e livres de detritos.

O município de Engenheiro Coelho possui apenas o Cemitério Municipal “Primavera”, localizado na Estrada Municipal Luiz Gustavo Batistela, s/nº. O local em questão é administrado pela Prefeitura Municipal e se encontra aproximadamente a 388 metros de distância do corpo hídrico mais próximo, sendo o Córrego da Conceição.

1.6. Aspectos Socioeconômicos

Neste capítulo serão analisados os principais indicadores socioeconômicos do Município de Engenheiro Coelho, 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 Engenheiro Coelho, de acordo com o SEADE, a densidade demográfica da área rural em 2020 era de 44,59 hab/Km². Ressalta-se, que o resultado da densidade demográfica permite que o município desenvolva políticas públicas para atender as necessidades sociais e econômicas de uma determinada população.

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

1.6.2. Distribuição Etária por Gênero

A composição por sexo da população de Engenheiro Coelho, dividida em grupos etários, evidencia um maior número de homens em relação as mulheres, ainda que haja pouca diferença entre eles. Sendo assim, segundo o IBGE 2022, dos 19.566 habitantes de Engenheiro Coelho, 9.814 eram do sexo masculino e 9.752 do sexo feminino, representando 50,16% e 49,84% respectivamente.

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 Engenheiro Coelho de acordo com o último levantamento do IBGE.

Gráfico 2 – População por idade e sexo em 2023 – Engenheiro Coelho.



Fonte: IBGE, 2023.



1.6.3. Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal - IFDM

O estudo do Sistema FIRJAN, referente ao ano de 2016, é uma ferramenta essencial para monitorar o desenvolvimento socioeconômico de mais de 5 mil municípios brasileiros, avaliando três áreas fundamentais: Educação, Saúde, e Emprego e Renda.

Desde sua criação em 2008, o estudo baseia-se exclusivamente em estatísticas públicas oficiais, disponibilizadas pelos ministérios do Trabalho, Educação e Saúde, garantindo uma análise fundamentada em dados confiáveis. Desenvolvido pela Federação das Indústrias do Rio de Janeiro, o objetivo é acompanhar a evolução dos municípios e avaliar a eficácia da gestão pública municipal.

Em 2016, o município analisado obteve um Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) de 0,7512, o que o coloca na faixa de Desenvolvimento moderado (entre 0,6 e 0,8). Essa classificação posiciona o município na 1140ª posição no ranking nacional e na 375ª no ranking estadual, refletindo um desempenho relativamente bom em comparação com outros municípios do Brasil e mediano em relação ao seu estado.

Ao detalhar os indicadores, observa-se que as áreas de Educação e Saúde apresentaram resultados bastante positivos, com índices de 0,8759 e 0,8708, respectivamente, ambos dentro da categoria de Alto Desenvolvimento. Esses dados sugerem que há investimentos eficazes e políticas públicas bem-sucedidas nessas áreas, garantindo qualidade de vida e serviços essenciais para a população.

Por outro lado, o índice de Emprego e Renda foi de 0,5069, situando-se na faixa de Desenvolvimento regular (entre 0,4 e 0,6). Esse resultado indica que, embora o município tenha obtido um bom desempenho geral, há desafios persistentes na geração de emprego e renda para os seus habitantes, uma área que requer atenção contínua para que o desenvolvimento socioeconômico seja realmente equilibrado e sustentável.

Os critérios utilizados pelo Sistema FIRJAN são claros: para atingir a classificação de Alto Desenvolvimento, o índice deve ser superior a 0,8; para Desenvolvimento Moderado, entre 0,6 e 0,8; para Desenvolvimento Regular, entre 0,4 e 0,6; e para Baixo Desenvolvimento, abaixo de 0,4. Portanto, o município está

bem posicionado em duas das três áreas avaliadas, mas o indicador de emprego e renda sugere a necessidade de políticas mais robustas nesse setor.

Dessa forma, o estudo do Sistema FIRJAN serve como uma base importante para orientar políticas públicas e estratégias de desenvolvimento, identificando as áreas que requerem maior atenção para promover um crescimento mais equilibrado e abrangente.

A Figura a seguir apresenta o resultado da pesquisa feita pelo Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal – IFDM para o Município de Engenheiro Coelho.

Figura 14 - Resultados IFDM (2016) em Engenheiro Coelho.

Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal		SP		IFDM	Emprego & Renda	Educação	Saúde
Ano-Base 2016		IFDM BRASIL		0,6678	0,4664	0,7689	0,7655
		Mediana dos Municípios		0,7619	0,5246	0,9311	0,8415
		Máximo dos Municípios		0,9006	0,7917	1,0000	0,9768
		Mínimo dos Municípios		0,5483	0,2379	0,7770	0,4009
Ranking IFDM Geral		UF	Município	IFDM	Emprego & Renda	Educação	Saúde
Nacional	Estadual	SP	Engenheiro Coelho	0,7512	0,5069	0,8759	0,8708
1140°	375°						

Fonte: Sistema FIRJAN, 2016.

1.6.4. Educação

Considerando o Censo Escolar de 2021 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 Engenheiro Coelho.

Tabela 3 - Censo Escolar de 2021 – Engenheiro Coelho.

	Ensino Infantil	Ensino Fundamental	Ensino Médio
Matrículas	1.069	2.678	1.295
Docentes	175	164	49
Escolas	8	7	2

Fonte: IBGE, 2021.



Segundo dados do portal QEdU para o ano de 2023, o município de Engenheiro Coelho conta com 10 escolas públicas em seu território, das quais 9 estão situadas na área urbana e apenas uma na zona rural. Dentre essas instituições, 9 são municipais e 1 é estadual. Ainda de acordo com o portal, a única escola localizada na área rural atende exclusivamente as etapas de creche e pré-escola, registrando, respectivamente, 87 e 37 matrículas efetivadas no referido ano.

O portal QEdU foi criado em 2012 pela Meritt e pela Fundação Lemann, e desde 2020 está sob a gestão do Interdisciplinaridade e Evidências no Debate Educacional (Iede). A plataforma disponibiliza indicadores da Educação Básica no Brasil, permitindo consultas em diferentes escalas – nacional, estadual, municipal e escolar. Além disso, oferece análises por nível socioeconômico, cor/raça e territórios diferenciados, contribuindo para a compreensão das desigualdades educacionais. Seu objetivo é fornecer dados que qualifiquem o debate sobre educação e auxiliem gestores e educadores no planejamento de políticas e projetos mais equitativos.

1.6.5. Saúde

Segundo informações do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde, CNES, a rede municipal de saúde de Engenheiro Coelho é composta por 14 estabelecimentos, sendo divididos em 2 farmácias municipais, 4 unidades básicas de saúde (UBS), um centro de atenção psicossocial, uma central de abastecimento, uma unidade do serviço de apoio diagnóstico terapêutico (SADT), uma central de gestão em saúde, um pronto socorro geral, dois centros de especialidade e uma policlínica, todas de caráter municipal.

As Estratégias de Saúde da Família (ESF) são unidades de atendimento primário que buscam promover a saúde e prevenir doenças por meio de ações contínuas e próximas à comunidade. No município de Engenheiro Coelho, existem quatro unidades de ESF: ESF 1 Parque das Indústrias, ESF 2 Jardim Minas Gerais, ESF 3 Jardim São Paulo e ESF 4 Sonho Meu. Essas unidades são responsáveis por oferecer serviços essenciais, como consultas médicas, acompanhamento de gestantes, vacinação, visitas domiciliares e orientações sobre saúde, garantindo um atendimento mais acessível e humanizado à população.

Não foram encontradas informações sobre a presença de estabelecimentos de saúde na área rural do município. No entanto, a Prefeitura Municipal, por meio da Secretaria de Saúde, realiza visitas domiciliares a pacientes acamados tanto na sede municipal quanto na zona rural. Essas visitas são conduzidas por médicos, enfermeiros, nutricionistas e agentes comunitários de saúde, garantindo acompanhamento a esses moradores.

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 que a taxa de envelhecimento é a razão entre a população acima de sessenta e cinco anos de idade em relação a população total. Segundo as informações do IBGE e do SEADE, a razão de dependência total no município passou de 44,13% em 2010, para 39,60% em 2023, e a proporção de idosos, de 5,17% para 8,23%.

A tabela abaixo mostra a estrutura etária do município entre os anos de 2010 e 2023.

Tabela 4 – Estrutura etária da população do Município de Engenheiro Coelho.

Estrutura etária	2010		2023	
	População	% do Total	População	% do Total
Menor de 15 anos	4.001	25,45	4.000	20,14
15 a 64 anos	10.907	69,38	14.225	71,63
65 anos ou mais	813	5,17	1.633	8,23
Razão de dependência	44,14	-	39,60	-
Taxa de envelhecimento	5,17	-	8,23	-

Fonte: IBGE, 2010 / SEADE, 2023.

No que se trata de taxa de mortalidade infantil, é definida como o número de óbitos de crianças com menos de um ano de idade para cada mil nascidos vivos. De acordo com o SEADE, em Engenheiro Coelho, o número de óbitos de crianças

com menos de um ano de idade para cada mil nascidos vivos, passou de 7,84 em 2010 para 6,83 em 2023.

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 73,87 anos em 2010, não sendo encontrados dados mais atuais para a realidade do município.

Tabela 5 – Taxa de mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer no município.

Indicadores	2010	2023
Mortalidade infantil	7,84	6,83
Esperança de vida ao nascer	73,87	-

Fonte: IBGE, 2010, SEADE, 2023.

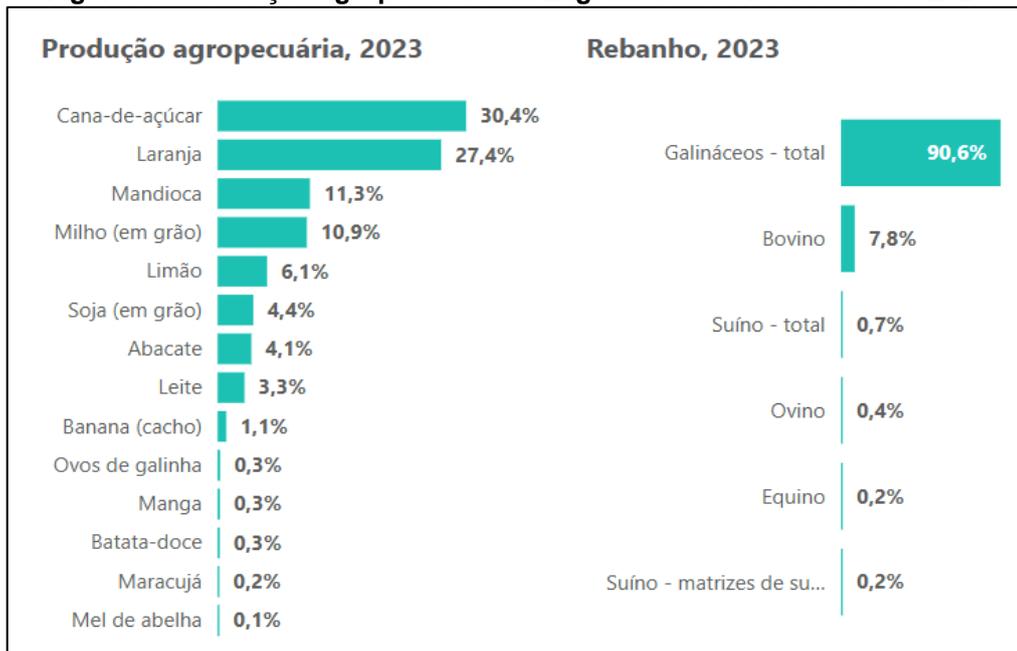
1.7. Economia

A agricultura desempenha um papel fundamental na economia de Engenheiro Coelho, com destaque para a produção de cana-de-açúcar (30,4%), laranja (27,4%) e mandioca (11,3%). Além dessas culturas, o município também produz milho em grãos, limão, soja, abacate, entre outros (SEADE, 2023).

Quanto à pecuária, os galináceos representam a maior parte do rebanho municipal, correspondendo a 90,6%, seguidos pelos bovinos, com 7,8%. Em menores proporções, encontram-se suínos (0,7%), ovinos (0,4%) e equinos (0,2%).

A figura a seguir apresenta a distribuição da produção agropecuária do município por tipo de produto e rebanho para o ano de 2023, segundo informações do SEADE.

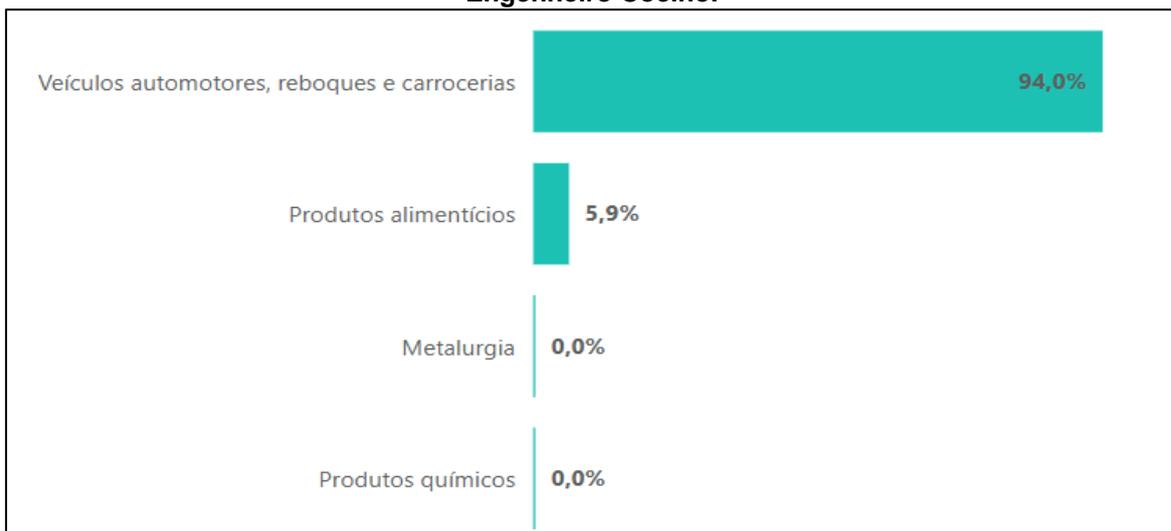
Figura 15 - Produção agropecuária em Engenheiro Coelho no ano de 2023.



Fonte: SEADE, 2023.

Está presente também no município indústrias de médio e grande porte, com maior valor de transformação industrial voltado aos setores de veículos automotores, reboques e carrocerias, com cerca de 94% de acordo com dados do SEADE para o ano de 2021.

Figura 16 - Valor da transformação industrial por setor de atividade no ano de 2021 em Engenheiro Coelho.



Fonte: SEADE, 2021.

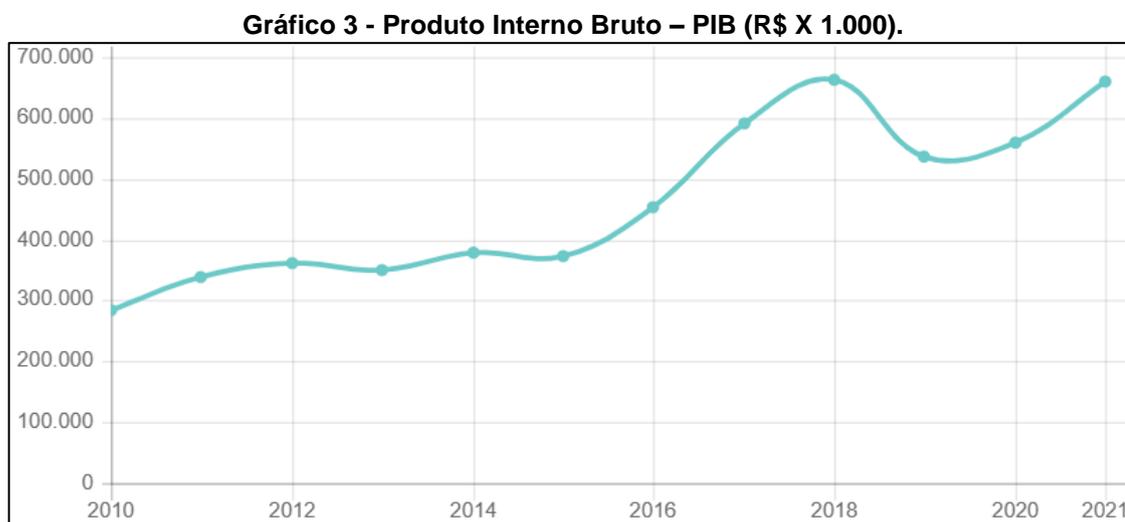
1.7.1. Produto Interno Bruto (PIB)

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. 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 e com diversos outros problemas.

Ademais, o PIB per capita, por sua vez, é obtido pela divisão do PIB total pelo número de habitantes de uma região. Esse indicador reflete a média de riqueza gerada por pessoa, sendo amplamente utilizado para analisar o nível de desenvolvimento econômico e a qualidade de vida da população. Entretanto, ele não leva em conta a distribuição da renda, podendo mascarar desigualdades socioeconômicas.

De acordo com o SEADE, em 2021, o PIB *per capita* do Município de Engenheiro Coelho era de R\$ 31.654 enquanto para o Estado de São Paulo este valor era de R\$ 60.583,00. Já no gráfico a seguir é apresentado de forma ilustrada a evolução do PIB de Engenheiro Coelho entre os anos de 2010 e 2021.



Fonte: IBGE, 2022.

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 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dos anos de 1970 até 2010.

Com base nos dados do IBGE, 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, dos anos de 1970 até 2010.

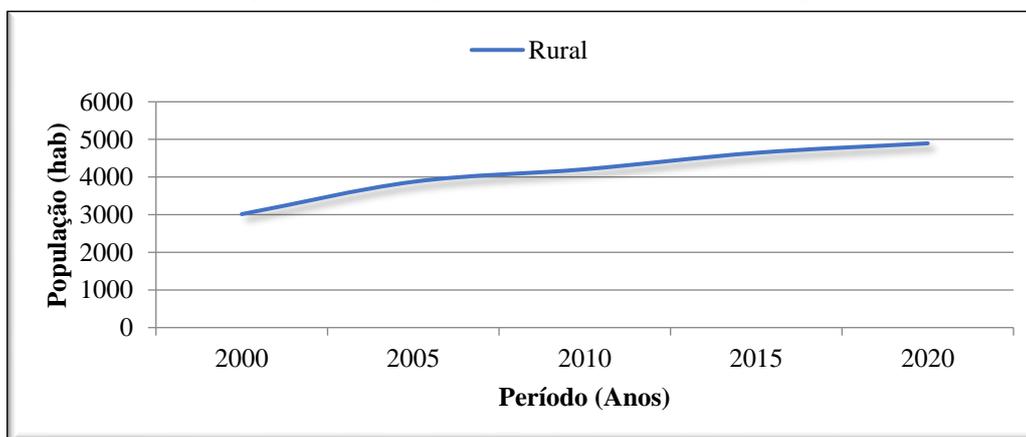
Tabela 6 – População rural do Município de Engenheiro Coelho.

Situação do domicílio	Ano				
	2000	2005	2010	2015	2020
Rural	3.014	3.874	4.207	4.644	4.896

Fonte: SEADE População.

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

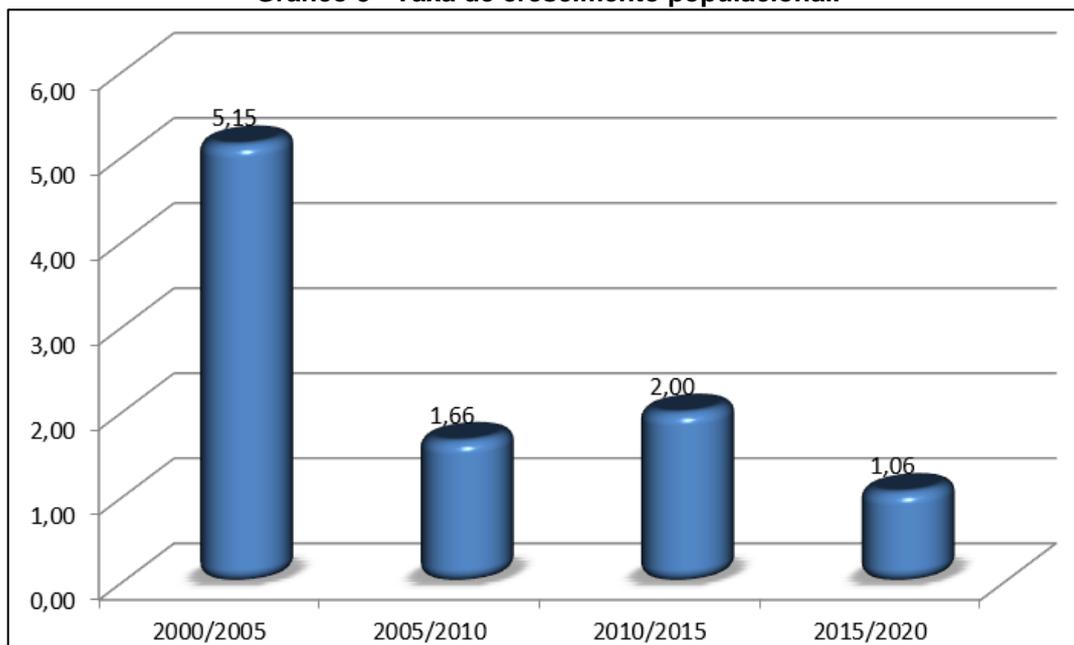
Gráfico 4 - Evolução da população rural do Município de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

A taxa de crescimento anual do período intercensitário. Pode-se averiguar que no período entre 2000 a 2005 a taxa foi de 5,15% ao ano, de 2005 a 2010 a taxa de crescimento foi de 1,66% ao ano, de 2010 a 2015 a taxa foi de 2,00% ao ano e de 2015 a 2020 a taxa foi de 1,06% ao ano, indicando um aumento da população rural em Engenheiro Coelho em todos os períodos analisados. O Gráfico a seguir expressa esses resultados.

Gráfico 5 - Taxa de crescimento populacional.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

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 IBGE, são determinadas a partir da curva que melhor se ajusta aos dados do próprio IBGE. No caso da zona rural do município de Engenheiro Coelho, a curva que melhor ilustra o comportamento dos dados, foi dada pela curva 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 Aritmético, 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 Engenheiro Coelho, conforme a tabela a seguir:

Tabela 7 – Projeção da população rural do município até o ano 2045.

Ano	População Rural
2025	5.148
2026	5.198
2027	5.249
2028	5.299
2029	5.350
2030	5.400
2031	5.450
2032	5.501
2033	5.551
2034	5.602
2035	5.652
2036	5.702
2037	5.753
2038	5.803
2039	5.854
2040	5.904
2041	5.954
2042	6.005
2043	6.055
2044	6.106
2045	6.156

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



Com base nas projeções populacionais, observa-se uma tendência de aumento populacional na área rural do município de Engenheiro Coelho. Nesse contexto, é importante que o município esteja preparado para um possível aumento da população flutuante, garantindo assim, uma boa qualidade de vida para seus habitantes da área rural.

A seguir, será apresentado o mapa com a distribuição dos principais aglomerados rurais identificados no município de Engenheiro Coelho, com base no procedimento técnico adotado para sua definição.

Para a caracterização destes aglomerados, foram considerados locais onde há, no mínimo, cinco (5) unidades habitacionais e/ou comerciais situadas dentro de um raio de até 200 metros entre si. Nessas áreas, será realizada verificação em campo, com o objetivo de coletar informações detalhadas e registrar a quantidade de moradores em cada localidade.

Além disso, foi conduzida uma identificação preliminar das regiões com maior concentração de propriedades rurais, a partir de reuniões técnicas com membros do Grupo Técnico de Acompanhamento (GTA) e do Comitê Executivo (CE), permitindo um planejamento mais eficiente para a execução das visitas e a obtenção de dados representativos da realidade do município.

É importante destacar que, no mapa de definição dos aglomerados rurais, não foram inseridas as delimitações dos raios de 200 metros. Entretanto, foram representados os polígonos correspondentes às áreas de interesse previamente identificadas na primeira reunião técnica, totalizando 10 unidades espaciais.

Conforme o mapa a seguir, foram identificados 10 aglomerados rurais no município de Engenheiro Coelho. Dentro dessas áreas, aproximadamente 169 imóveis foram mapeados dentro dos polígonos definidos para as áreas de interesse, atendendo aos critérios técnicos estabelecidos para sua definição.

Figura 17 - Mapa dos Aglomerados Rurais Identificados.



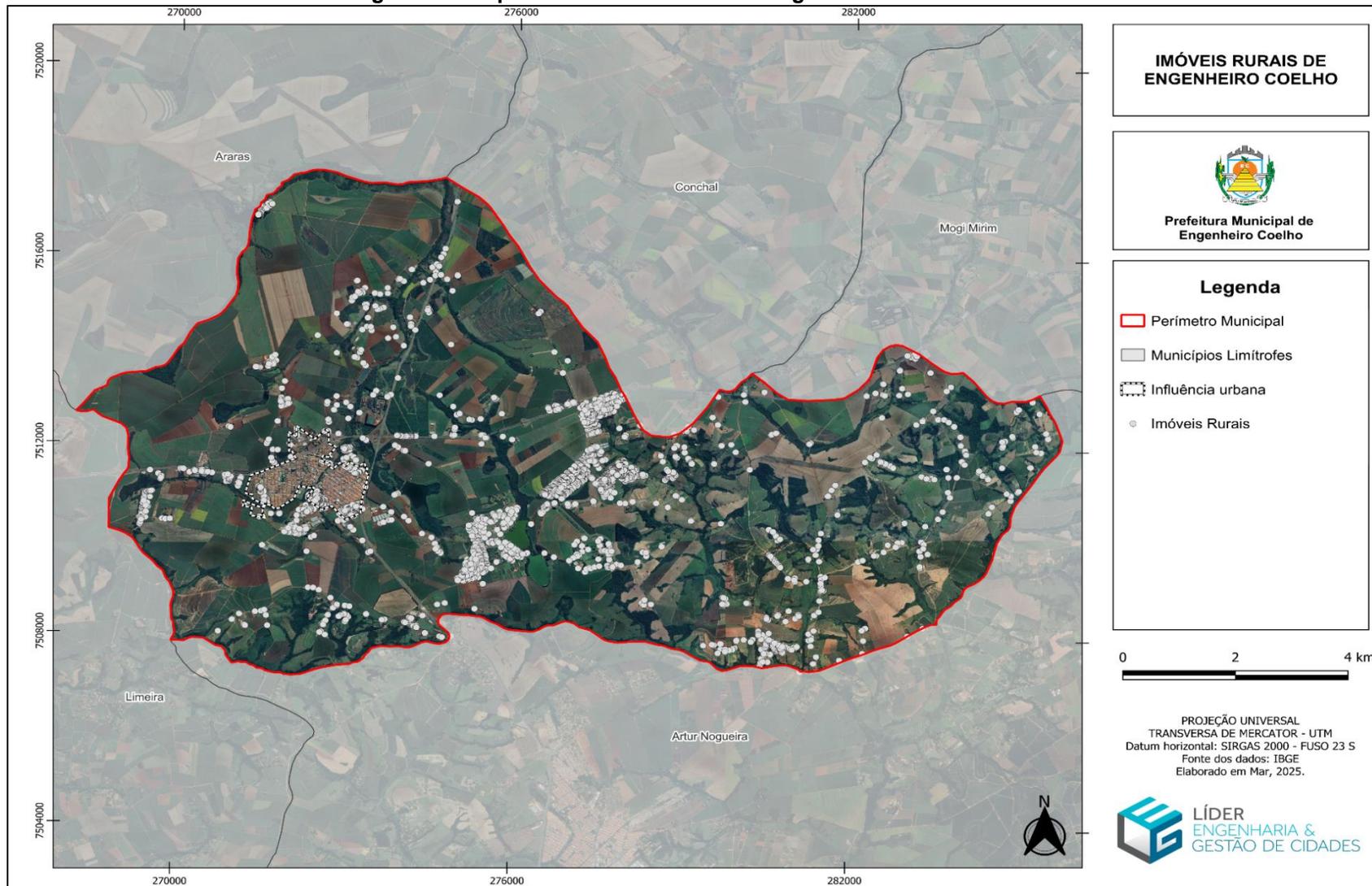
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



Com base no último censo realizado pelo IBGE, o mapa a seguir apresenta a distribuição dos imóveis rurais no município de Engenheiro Coelho, totalizando o valor de 5.132 imóveis. No entanto, é importante destacar que, entre os pontos identificados, foram observados casos em que os imóveis estão localizados nas áreas de influência urbana ou em condomínios privados, os quais não representam fielmente a realidade da população rural do município.

Esta distinção em questão é fundamental para garantir a precisão na definição da amostra, uma vez que o levantamento tem como objetivo a aplicação de questionários específicos em propriedades efetivamente rurais, visando a coleta de informações detalhadas sobre as condições de saneamento nessas localidades.

Figura 18 - Mapa dos Imóveis Rurais de Engenheiro Coelho - IBGE.



Fonte: IBGE.



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

Conforme já mencionado, há no município de Engenheiro Coelho alguns programas de melhorias e assistência voltados ao saneamento básico, inclusive com foco na área rural. Como exemplo, tem-se o programa Melhor Caminho, que objetiva a recuperação das estradas rurais do município em parceria com o Governo do Estado de São Paulo.

Figura 19 - Programa Melhor Caminho.



Fonte: Prefeitura Municipal de Engenheiro Coelho, 2023.



Ademais, o Município de Engenheiro Coelho conta com planos que auxiliam no desenvolvimento do saneamento básico, incluindo o Plano Municipal de Saneamento Básico, revisado em 2024, o Plano Municipal de Saúde (2022-2025) e o Plano de Mobilidade Urbana (2018). Esses instrumentos orientam ações para a melhoria da infraestrutura, inclusive com ações voltadas ao saneamento básico no município tanto na sede urbana, quanto na área rural.

1.11. Possibilidade de Consórcio com Municípios da Região

O município de Engenheiro Coelho integra o Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Sustentável (CONDESU), criado em 2009 com o objetivo de promover a cooperação intermunicipal na busca por soluções para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, além do fornecimento de mão de obra aos municípios e a expansão e manutenção da iluminação pública.

Engenheiro Coelho é um dos membros fundadores do consórcio, que atualmente reúne 14 municípios na porção leste do Estado de São Paulo, abrangendo uma população regional estimada de 400 mil habitantes.



2. LEVANTAMENTO DE DADOS

O objetivo da aplicação do questionário para a população rural do município de Engenheiro Coelho é levantar por dados primários os indicadores que irão compor o diagnóstico para os quatro eixos do saneamento rural, sendo estes o abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, manejo de resíduos sólidos e o manejo das águas pluviais.

Para a zona rural de Engenheiro Coelho foram identificados e georreferenciados 10 aglomerados rurais, neles serão realizadas visitas em campo para a aplicação dos questionários e o levantamento de informações primárias. As localidades que não se encaixam nas especificações não foram identificadas como aglomerados rurais, logo, não se faz necessária a realização de visitas em campo para coleta das informações.

Após a identificação dos aglomerados rurais e a contagem do número de imóveis, foi utilizada uma fórmula estatística para determinar o tamanho da amostra necessária, garantindo que os resultados sejam representativos e confiáveis. Para o tamanho da população foi previsto uma estimativa de 169 imóveis aplicáveis. Dessa forma, para atingir a suficiência amostral foi aplicada a equação de Tamanho da Amostra, permitindo que a amostra seja representativa para o todo, totalizando 146 questionários aplicados.

A fórmula aplicada considera o tamanho da população total, a margem de erro e o nível de confiança, o que assegura que o número de questionários aplicados seja adequado para fornecer um panorama fiel das condições observadas na zona rural de Engenheiro Coelho.

$$\text{Tamanho da Amostra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 \times N}\right)}$$

Onde:

N = Número de imóveis identificados;

e = Margem de erro;

p = Proporção;

z = 1,99 (constante tabelada para 99% de grau de confiança).



O cálculo padrão de amostra utilizado para a pesquisa e a aplicação dos questionários foi baseado nos parâmetros estatísticos de 99% de grau de confiança e 4% de margem de erro, levando em consideração o número de aglomerados rurais e imóveis contabilizados, por meio de análise de imagens de satélite e com auxílio do último Censo Demográfico realizado pelo IBGE.

Após a aplicação dos questionários, os resultados obtidos serão extrapolados para representar a totalidade de aproximadamente 5.130 propriedades rurais habitadas no município, número determinado a partir da base cartográfica disponibilizada pelo IBGE.

A metodologia adotada consistiu em uma abordagem quantitativa, na qual a amostra levantada será proporcionalmente expandida, considerando a representatividade da amostra em relação ao total de propriedades habitadas. Isso permite gerar uma estimativa estatística coerente para toda a área rural do município, mantendo a precisão dos dados coletados.



3. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

O presente diagnóstico técnico contempla a caracterização dos serviços de saneamento básico na zona rural do município de Engenheiro Coelho, abrangendo os componentes de abastecimento individual de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais. As informações apresentadas foram obtidas por meio de atividades de campo, com aplicação de questionários estruturados a moradores e proprietários rurais, e são consideradas representativas da realidade predominante nas diversas regiões rurais do município.

A amostragem foi realizada em propriedades rurais distribuídas em diferentes setores geográficos do território municipal, de forma a contemplar a diversidade de condições socioambientais e de infraestrutura presentes no meio rural. As entrevistas com os moradores da zona rural de Engenheiro Coelho foram realizadas entre os dias 31 de março e 15 de abril de 2025, com o objetivo de levantar informações primárias sobre as condições dos serviços de saneamento básico nas propriedades.

Do total de 169 imóveis previamente selecionados para a amostragem, 134 participaram efetivamente da pesquisa, resultando em uma taxa de adesão de aproximadamente 79,3%. Ressalta-se que, em apenas dois casos, os proprietários não autorizaram o acesso às áreas internas para o registro fotográfico dos dispositivos de saneamento, em especial das unidades de tratamento individual de esgoto, como fossas sépticas ou rudimentares.

Para fins de organização da amostragem e posterior análise espacial dos dados, as propriedades visitadas foram agrupadas em 10 grupos distintos, definidos previamente com base em critérios territoriais e logísticos, de forma a assegurar a cobertura de diferentes regiões do município. Ademais, em relação ao nome das comunidades/bairros rurais amostrados, estes foram representados a partir da localização das bacias existentes no território do município, sendo as bacias do Guaiquica, Mato Dentro e Correias.

A distribuição das visitas realizadas por grupo está apresentada na tabela a seguir.

Tabela 8 - Propriedades visitadas por grupo de separação.

Grupo	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	Grupo 9	Grupo 10
Nº de visitas	11	10	18	5	16	11	15	13	7	28

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

As propriedades pertencentes ao Grupo 01 estão localizadas na microbacia do córrego Guaiquica e são acessadas, predominantemente, pelas estradas rurais EC-400, EC-412, EC-420 e EC-422. Essas vias apresentam boas condições de trafegabilidade e exercem um papel importante na conexão entre o município de Engenheiro Coelho e o município vizinho de Artur Nogueira, funcionando como rota alternativa ao pedágio da Rodovia Professor Zeferino Vaz (SP-332).

A região abriga alguns condomínios de chácaras, caracterizados por estrutura de portaria e fechamento perimetral, no entanto, o foco da amostragem esteve voltado para as propriedades rurais abertas. Destaca-se que está em fase de implantação o projeto de pavimentação da EC-400, o qual tende a valorizar significativamente as áreas lindeiras a este acesso rural.

Figura 20 - Localização das propriedades do Grupo 01.

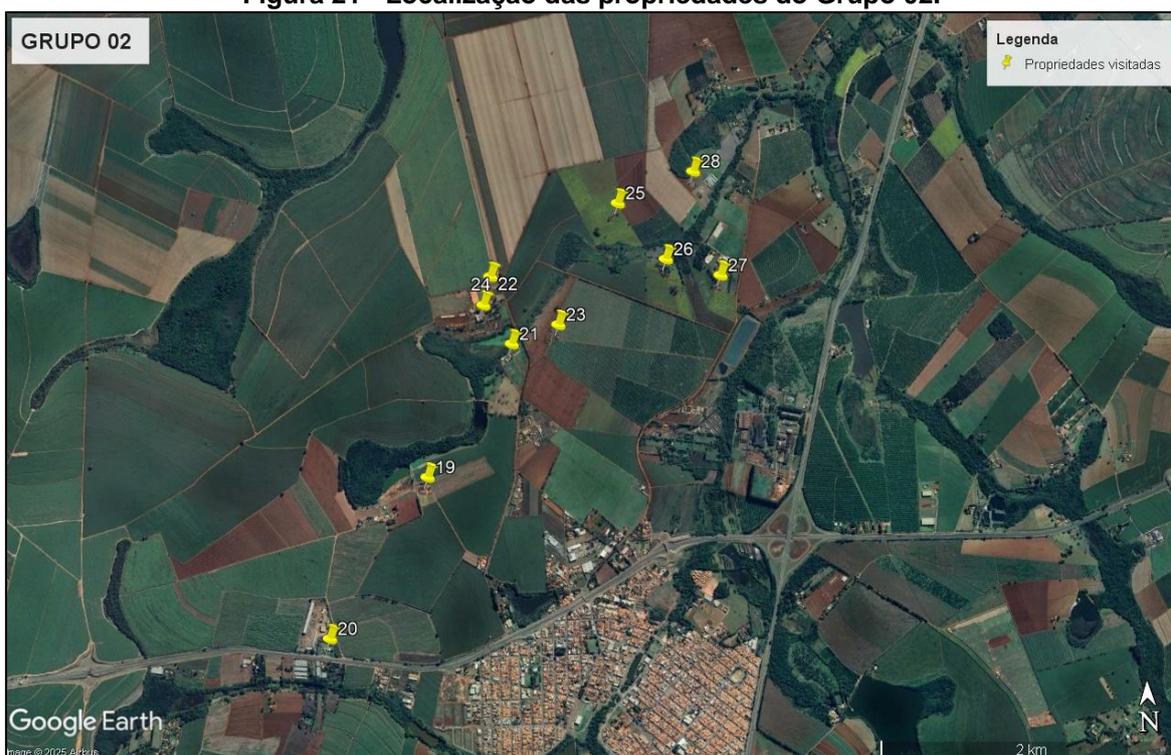


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

As propriedades do Grupo 02 também se situam na microbacia do córrego Guaiquica e são acessadas principalmente pela estrada rural EC-100, a qual apresenta boas condições de trafegabilidade. Essa via estabelece ligação entre os municípios de Engenheiro Coelho e Conchal, atravessando a Fazenda Pinhalzinho — local estratégico por abrigar o ponto de captação de água que abastece a área urbana de Engenheiro Coelho.

A região é caracterizada por propriedades de maior extensão territorial, com predominância das atividades de cultivo de cana-de-açúcar e criação de ovinos, sendo reconhecida como uma das áreas rurais economicamente mais consolidadas do município. Ressalta-se ainda que, em uma das propriedades visitadas, o proprietário estuda a implantação de uma mini-indústria geradora de energia elétrica a partir da captação de biogás produzido na biodigestão de resíduos sólidos orgânicos gerados na própria fazenda.

Figura 21 - Localização das propriedades do Grupo 02.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

As propriedades do Grupo 03 estão inseridas na microbacia do córrego Guaiquica e são acessadas principalmente pela estrada rural EC-110, conhecida como estrada do Bode Branco. Esta via principal interliga-se com outras estradas secundárias, como a EC-112, EC-114, EC-116 e EC-118, todas em condições

satisfatórias de tráfego. Embora o leito das estradas não apresente buracos, foram observadas situações pontuais de interferência da vegetação marginal, especialmente da cerca viva de sansão-do-campo, que invade parcialmente a via em alguns trechos, demandando manutenção.

Nessa região está localizada a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município, o que reforça sua relevância estratégica. O grupo é composto por propriedades dispersas, com destaque para um núcleo de aproximadamente 10 pequenas chácaras. Contudo, a desatualização do Cadastro Ambiental Rural (CAR) dificultou a identificação completa dos imóveis, e em algumas residências não foi possível realizar entrevistas. No total, foram visitadas 18 propriedades, incluindo uma clínica destinada à recuperação de pessoas com dependência química.

A região também abriga um pequeno centro comunitário vinculado à Igreja Católica, popularmente conhecido como “Igrejinha do Bode Branco”.

Figura 22 - Localização das propriedades do Grupo 03.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

O Grupo 04 está localizado na microbacia do córrego Guaiquica, com acesso principal pelas estradas rurais EC-410 e EC-412, ambas em boas condições de tráfego, incluindo pontes e travessias, que se encontram bem conservadas. As propriedades rurais da região são, em sua maioria, de pequena a média extensão,

com uso diversificado do solo, destacando-se os cultivos de café, mandioca e manga.

Embora existam nascentes no território pertencente a Engenheiro Coelho, grande parte dos cursos d'água originados percorre áreas do município vizinho de Artur Nogueira. Ressalta-se que há, na região, um campo de tiro utilizado para treinamentos, o qual não foi incluído na amostragem de aplicação dos questionários.

Figura 23 - Localização das propriedades do Grupo 04.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

As propriedades do Grupo 05 estão inseridas na microbacia do córrego dos Correias e são acessadas pela rodovia Engenheiro João Toselho (SP-147) e pela estrada rural EC-310, conhecida como estrada do Taperão. Ambos os acessos apresentam boas condições de tráfego. As propriedades visitadas localizam-se entre os bairros rurais da Caveira e dos Correias, totalizando 15 residências.

A área é composta predominantemente por pequenas propriedades voltadas à produção de subsistência ou ao comércio local, com cultivos como mandioca, hortaliças, manga e abacate. Também foi identificado o comércio doméstico de animais, como galinhas e suínos, em escala reduzida. Parte das propriedades é utilizada como residência secundária, voltada ao lazer familiar.

Figura 24 - Localização das propriedades do Grupo 05.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

As propriedades pertencentes ao Grupo 06 estão inseridas na microbacia do córrego dos Correias e são acessadas por meio da rodovia Engenheiro João Toselho (SP-147), das estradas rurais EC-310 (estrada do Taperão), EC-320 (estrada dos Correias), EC-350 e EC-352. Os acessos apresentam boas condições de tráfego.

As propriedades visitadas estão situadas entre os bairros dos Correias e Pereirinhas, com possibilidade de acesso também pelo município vizinho de Artur Nogueira. A estrada EC-320 possui papel estratégico ao interligar a SP-147 a Artur Nogueira, percorrendo toda a extensão da microbacia dos Correias dentro dos limites de Engenheiro Coelho.

A região é composta por propriedades rurais, além de apresentar um conjunto de chácaras em formato de condomínio e a presença de um pesqueiro voltado ao lazer.

Figura 25 - Localização das propriedades do Grupo 06.

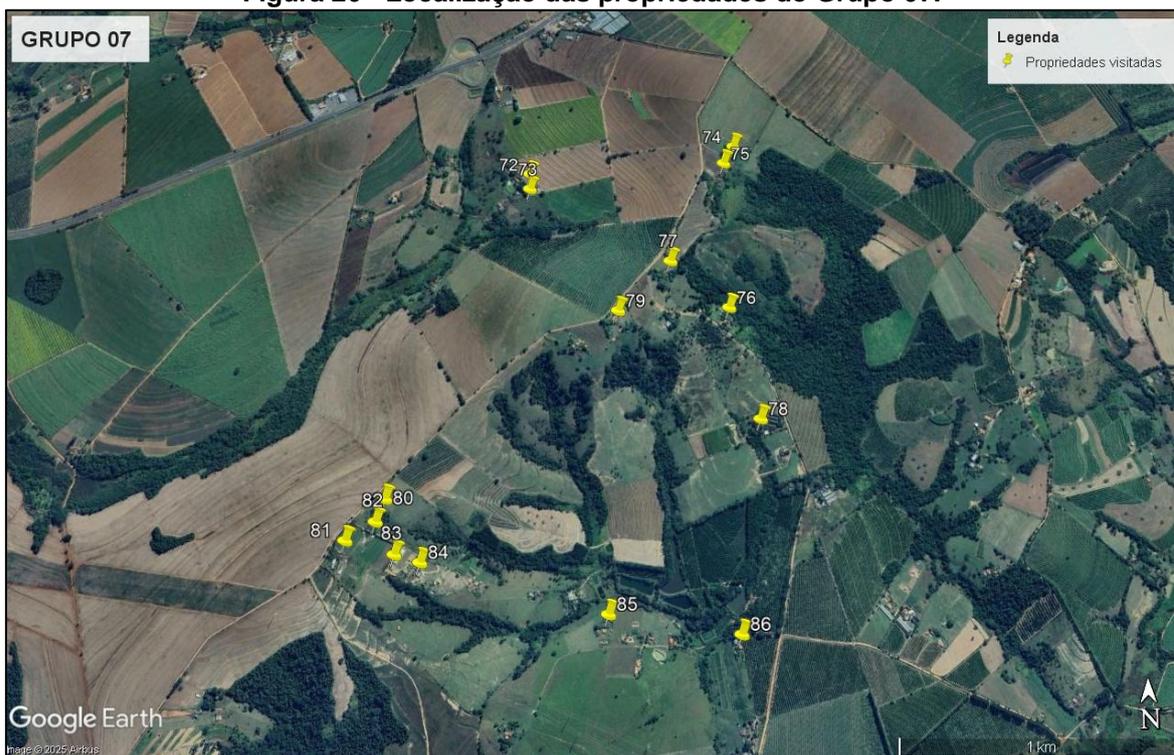


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

As propriedades do Grupo 07 estão localizadas na microbacia do córrego do Mato Dentro, em região limítrofe com a microbacia dos Correias. O acesso principal se dá pela rodovia Engenheiro João Toselho (SP-147) e pela estrada rural EC-332, nas proximidades do bairro Santo Antônio do Mato Dentro. Outras propriedades são acessadas por vias secundárias, como as estradas rurais EC-330, EC-312, EC-314 e EC-316, todas em boas condições de tráfego.

Apesar de ser a menor microbacia do município em área, esta região abriga um número expressivo de pequenas propriedades rurais. O relevo acidentado e a abundância de nascentes configuram um ambiente de elevada sensibilidade ambiental e importância hídrica para o município

Figura 26 - Localização das propriedades do Grupo 07.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

As propriedades deste grupo estão situadas na microbacia dos Correias, em região limítrofe com a microbacia do Mato Dentro. O acesso ocorre pela rodovia Engenheiro João Toselho (SP-147) e pela estrada rural EC-320 (Estrada dos Correias), ambas em boas condições de tráfego, inclusive as travessias e pontes. O relevo da área apresenta ondulações suaves, com presença de morros baixos, o que favorece, em períodos chuvosos, a ocorrência pontual de processos erosivos nas estradas não pavimentadas.

As propriedades são majoritariamente familiares, com estruturas produtivas mais simples e voltadas principalmente para o cultivo de subsistência e comercialização em pequena escala.

Figura 27 - Localização das propriedades do Grupo 08.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

As propriedades incluídas no Grupo 09 estão localizadas na microbacia do Mato Dentro, com acesso principal pela rodovia Engenheiro João Toselho (SP-147) e pela estrada rural EC-322 (Estrada Pederneiras). As vias de acesso, incluindo pontes, passaram por melhorias no ano anterior, porém a região é caracterizada por relevo sinuoso e elevada densidade de nascentes, o que torna os acessos mais desafiadores, especialmente devido à presença de curvas acentuadas e à suscetibilidade a processos erosivos.

As propriedades visitadas são predominantemente familiares, com infraestrutura mais modesta e produção agrícola voltada à subsistência. Foram realizadas visitas em seis propriedades; no entanto, algumas delas não possuíam o Cadastro Ambiental Rural (CAR) atualizado, o que inviabilizou a elaboração precisa do mapa dessas áreas

Figura 28 - Localização das propriedades do Grupo 09.



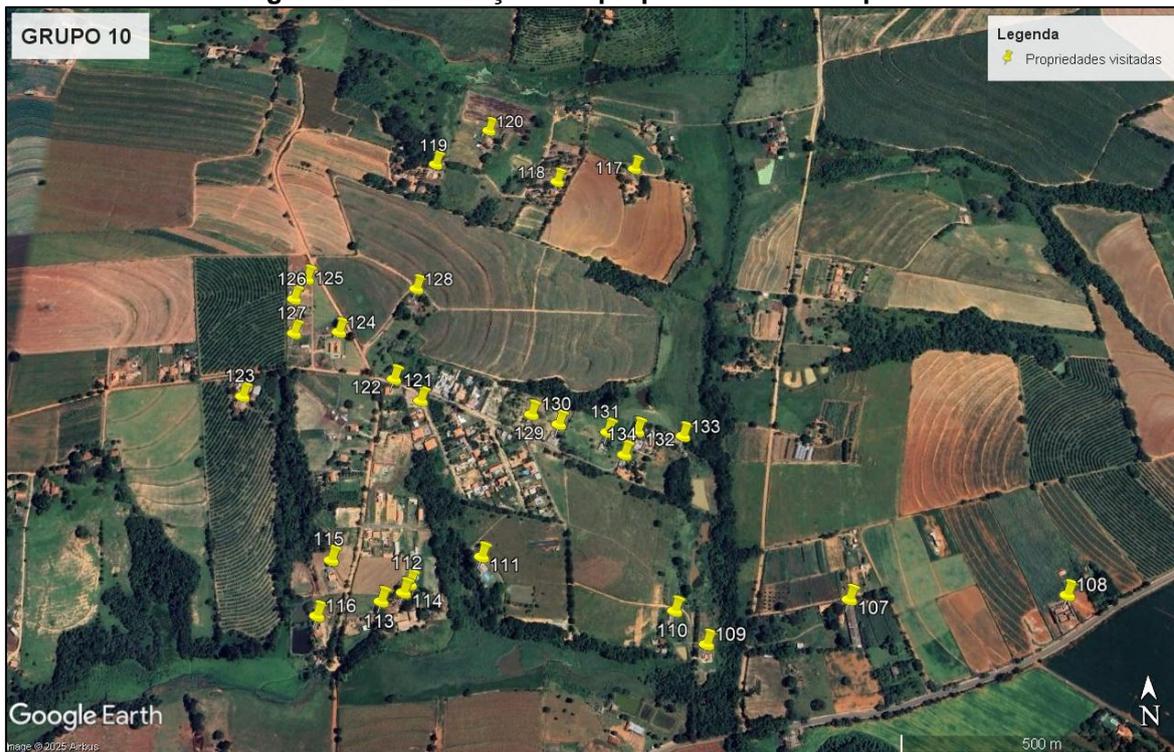
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

As propriedades deste grupo estão situadas na microbacia do Mato Dentro, com acessos principais pela rodovia Engenheiro João Toselho (SP-147) e pelas estradas rurais EC-350 e EC-352. Também é possível acessar a região pela Rodovia dos Agricultores (MMR-347), que conecta os municípios de Artur Nogueira e Mogi Mirim.

Embora as vias tenham recebido melhorias no ano anterior, a morfologia acidentada da área, com relevo sinuoso e alta concentração de nascentes, torna os acessos mais complexos, com predominância de curvas acentuadas e maior propensão à ocorrência de processos erosivos.

Esta região está próxima à divisa com o município de Artur Nogueira e apresenta um número significativo de chácaras voltadas ao lazer, utilizadas como residências de veraneio ou para aluguel em fins de semana. As propriedades visitadas não possuem o Cadastro Ambiental Rural (CAR) atualizado, o que inviabilizou a elaboração dos respectivos mapas individuais.

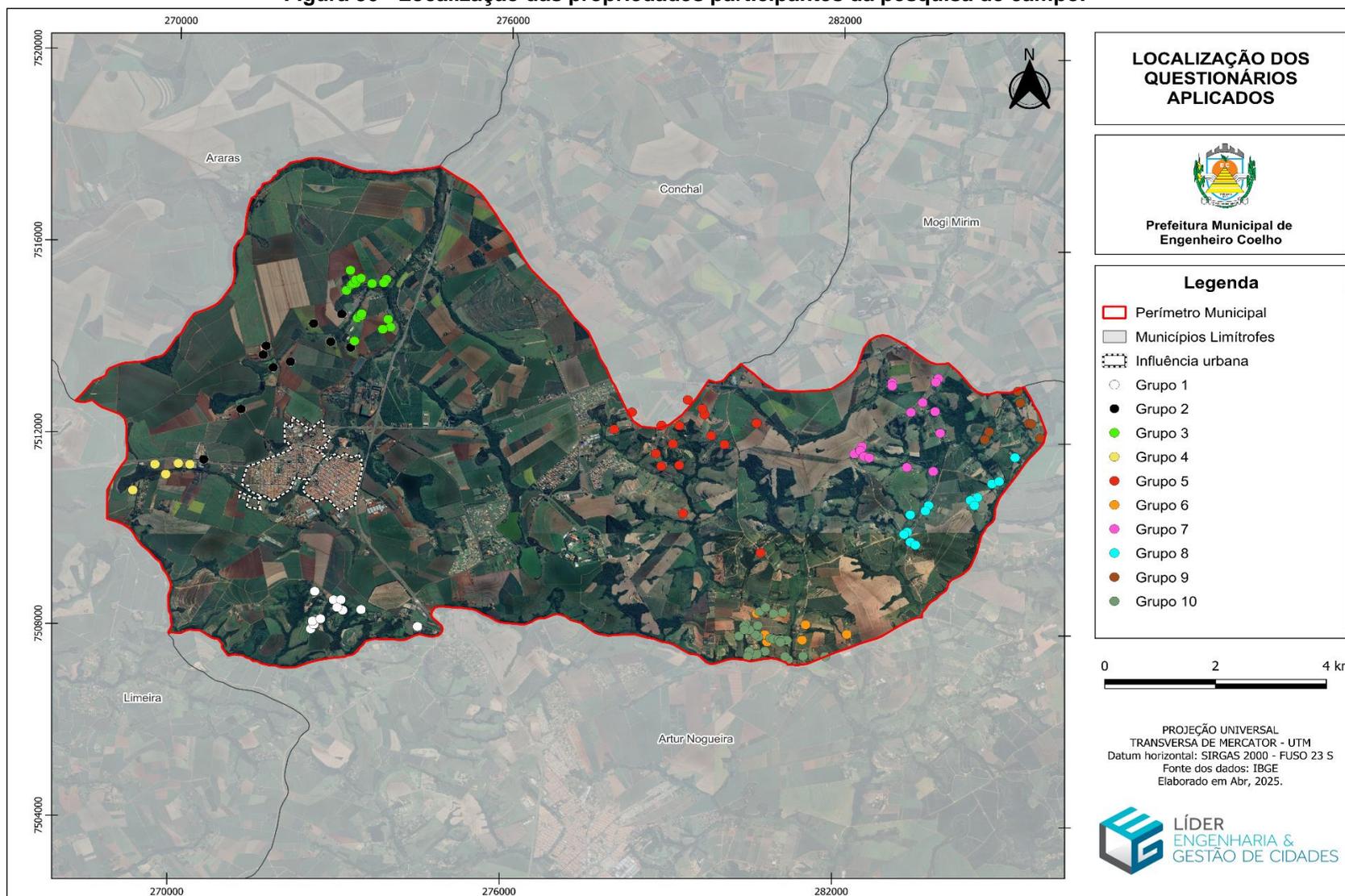
Figura 29 - Localização das propriedades do Grupo 10.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Complementarmente, o mapa a seguir ilustra a localização geográfica de cada uma das propriedades participantes, devidamente classificadas conforme o grupo ao qual pertencem.

Figura 30 - Localização das propriedades participantes da pesquisa de campo.





Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

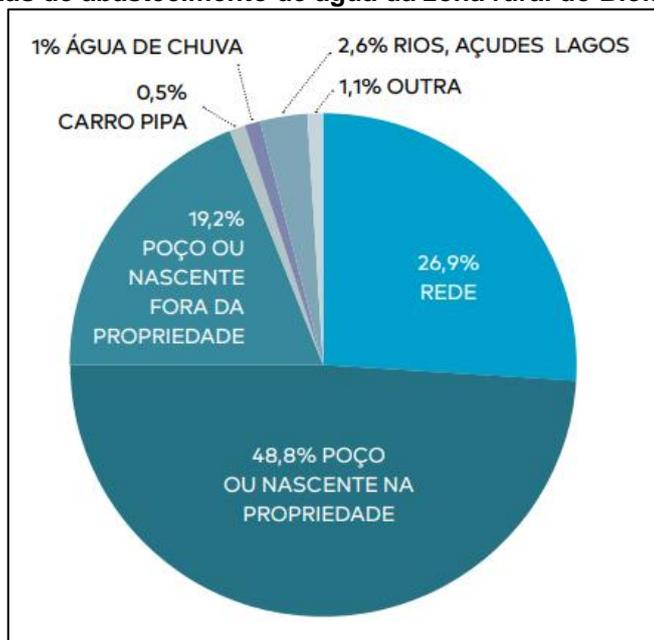
3.1. Sistema de Abastecimento de Água

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 Engenheiro Coelho, 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 31 ilustra essa realidade.

Figura 31 - Formas de abastecimento de água da zona rural do Bioma Mata Atlântica.

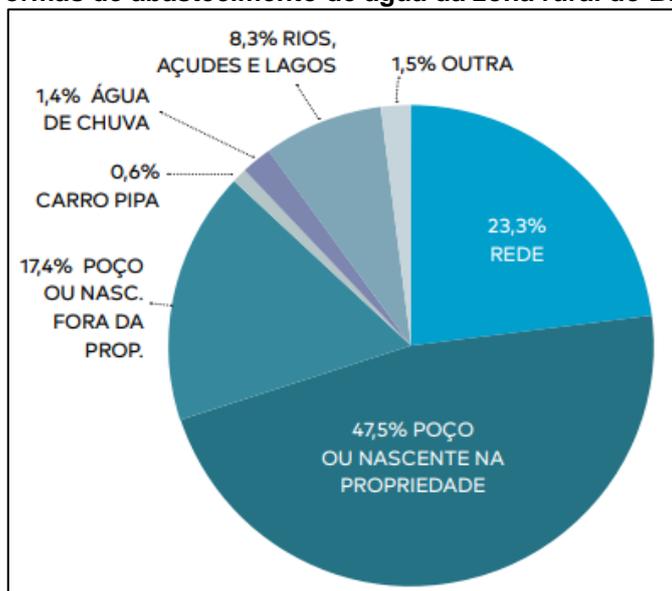


Fonte: Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019.

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 abaixo.

Figura 32 - Formas de abastecimento de água da zona rural do Bioma Cerrado.



Fonte: Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019.

Nas áreas rurais de Engenheiro Coelho, 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. 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 o Abastecimento Futuro

Mananciais Superficiais

O município de Engenheiro Coelho está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 9 – Baixo Piracicaba, conforme



definido pelo Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH). Essa unidade abrange diversas bacias hidrográficas, incluindo a do Ribeirão do Pinhal, que percorre os municípios de Engenheiro Coelho, Conchal, Mogi Mirim e Araras (SSRH, 2015).

Entre os recursos hídricos superficiais presentes no município, destaca-se o Ribeirão da Guaiaquica, que possui outorga para captação de água superficial para fins de irrigação, com volume diário autorizado de 367,80 m³. Além disso, o município conta com outras microbacias, como as dos córregos dos Correias e Mato Dentro, que apresentam relevância local para o abastecimento e necessitam de proteção e monitoramento adequados (DAEE, 2020).

A Política Municipal de Recursos Hídricos de Engenheiro Coelho, instituída pela Lei Complementar nº 25/2022, estabelece diretrizes para a gestão sustentável dos recursos hídricos, priorizando o abastecimento humano e integrando o planejamento urbano e rural com a gestão das bacias hidrográficas.

Considerando o crescimento populacional e as demandas futuras por água, é essencial identificar e proteger os mananciais superficiais existentes, bem como avaliar a viabilidade de novas fontes de abastecimento, garantindo a segurança hídrica e a sustentabilidade ambiental do município.

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.



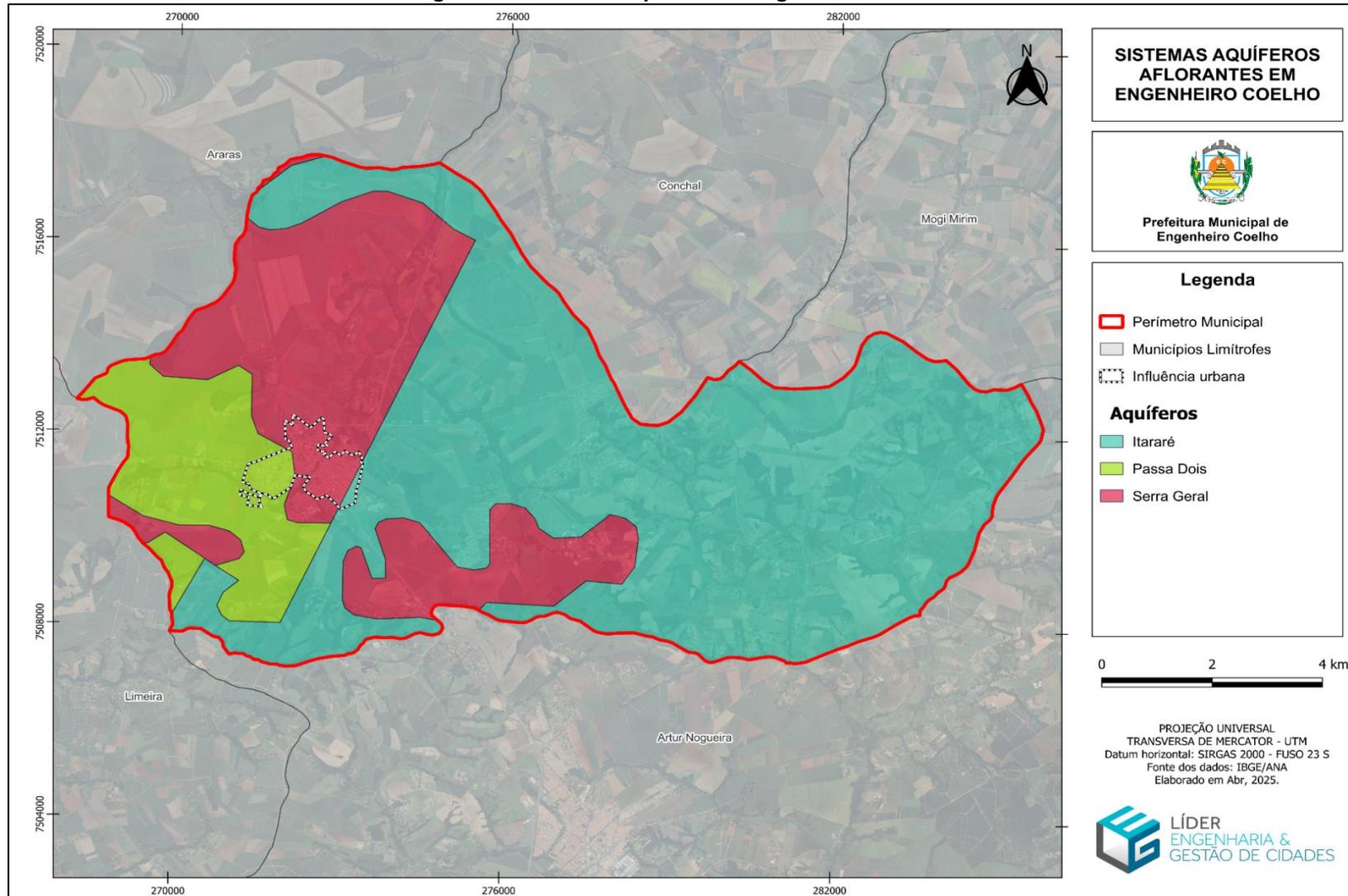
Entretanto, a locação e a perfuração de poços profundos enfrentam desafios em algumas regiões devido à presença de aquíferos fissurados, cuja estrutura geológica dificulta a obtenção de água em volume satisfatório. Nessas situações, é necessário empregar técnicas avançadas de perfuração para garantir 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.

A partir da figura apresentada a seguir, elaborada a partir da cartografia disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA), é possível observar a distribuição dos recursos hídricos subterrâneos no território de Engenheiro Coelho.

Figura 33 - Sistema Aquífero de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



No território de Engenheiro Coelho, afloram três importantes aquíferos: Itararé, Passa Dois e Serra Geral, todos integrantes do Sistema Aquífero Paraná. A presença desses aquíferos contribui significativamente para a disponibilidade hídrica subterrânea da região, embora com características distintas entre si.

O Aquífero Itararé, de natureza sedimentar, possui porosidade relativamente baixa, o que limita sua capacidade de armazenamento e vazão, sendo comum encontrar águas com maior teor de ferro e manganês (CPRM, 2011).

O Aquífero Passa Dois, também sedimentar, é constituído por arenitos finos e argilitos, com permeabilidade ainda mais restrita, o que dificulta a exploração de poços com alta produtividade (DAEE, 2020).

Já o Aquífero Serra Geral, de origem basáltica, apresenta fraturas e zonas de falhamento que permitem o acúmulo e a movimentação de água subterrânea, sendo considerado um dos principais reservatórios da região em termos de qualidade e volume de extração (Tundisi & Tundisi, 2010; DAEE, 2020).

Apesar da presença desses aquíferos, a perfuração e o uso sustentável dos poços requerem atenção técnica específica, especialmente em relação à profundidade, vulnerabilidade à contaminação e ao tipo de rocha predominante (CPRM, 2011).

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.*

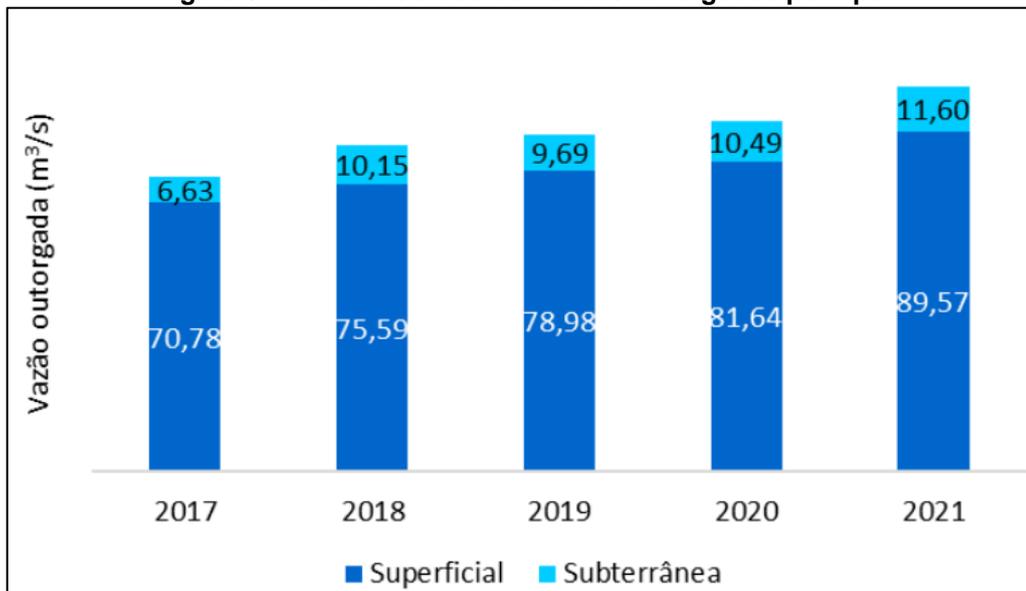
No artigo 6º da portaria, é estabelecido que os usos e interferências que são dispensados de outorgas estão sujeitos a um cadastro correspondente, exceto para os casos previstos na portaria e em outras normas e portarias do DAEE.

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

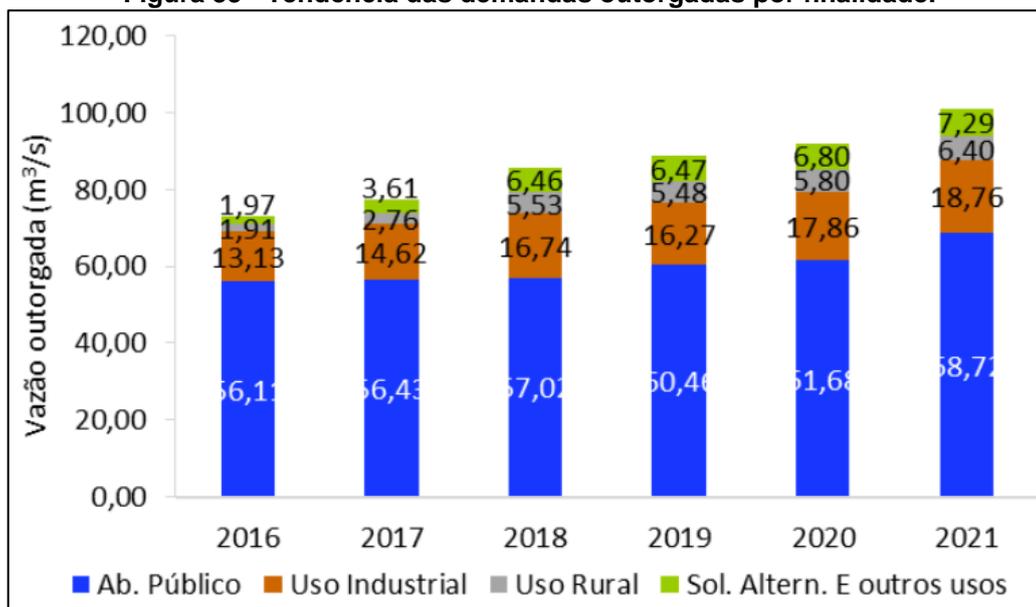
Figura 34 e Figura 35 expõe as demandas outorgadas por tipo e por finalidade, respectivamente.

Figura 34 - Tendência das demandas outorgadas por tipo.



Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos, 2022, ano base 2021.

Figura 35 - Tendência das demandas outorgadas por finalidade.



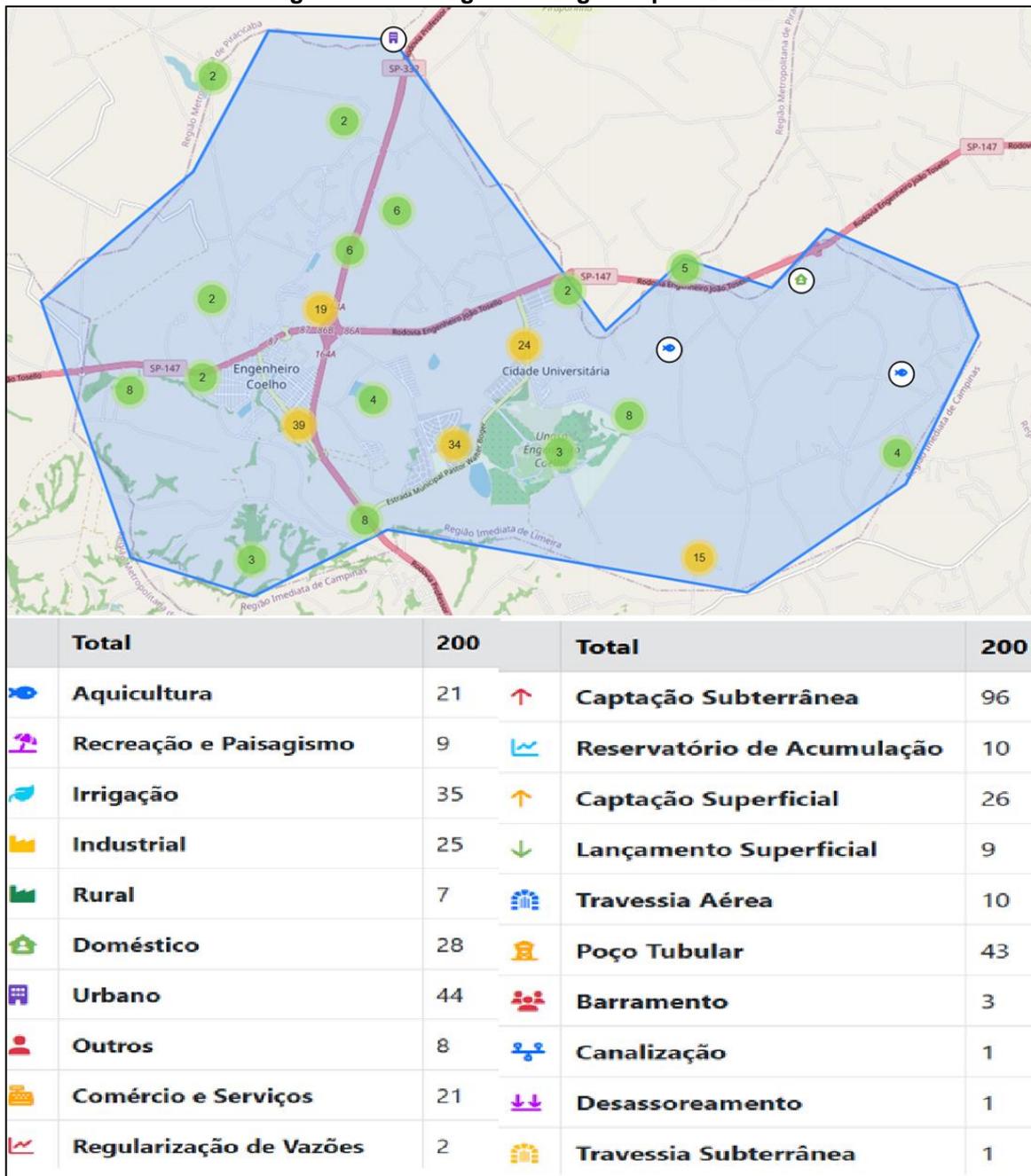
Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos, 2022, ano base 2021.

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 200 outorgas para Engenheiro Coelho.

Figura 36 - Outorgas catalogadas pelo DAEE.



Fonte: DAEE, 2024.

De acordo com o apresentado, até janeiro de 2025, foram catalogadas 200 outorgas de uso de recursos hídricos em Engenheiro Coelho. A maior parte delas (96) refere-se à captação subterrânea, enquanto 26 são de captação superficial. Quanto ao uso final, predominam as outorgas destinadas ao abastecimento urbano (44) e ao uso doméstico (28). Também se destacam 35 outorgas voltadas para irrigação e 21 destinadas à prática de aquicultura.



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.

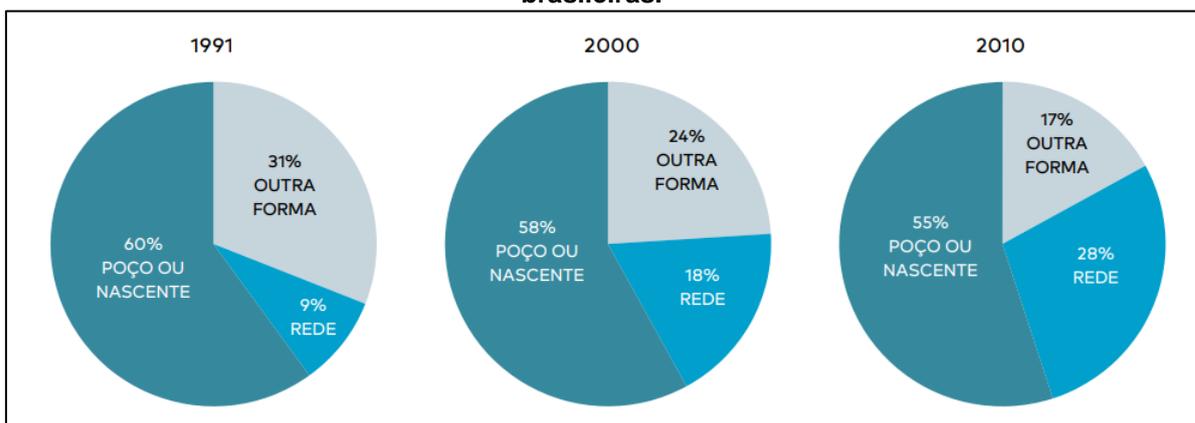
Deve-se ainda considerar a Lei Estadual nº 16.337/2016, a qual dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, responsável por regulamentar o regime de outorga de águas no Estado de São Paulo.

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 37 demonstra as informações citadas.

Figura 37 - Evolução das formas de abastecimento de água nas propriedades rurais brasileiras.



Fonte: Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019.

Na zona rural de Engenheiro Coelho, 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 Engenheiro Coelho, divide-se em: poços profundos, nascentes ou minas, captação em represas/riachos e armazenamento de água da chuva, além de tanques para criação de peixes. A seguir serão descritas as principais características dos sistemas individuais mais usuais em propriedades rurais.

Poços rasos

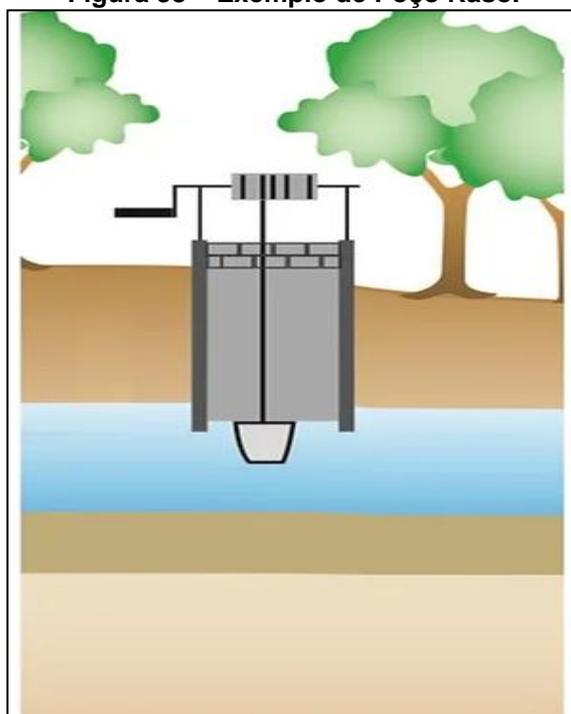
Os poços rasos são estruturas utilizadas para a captação de água subterrânea em lençóis freáticos superficiais, geralmente localizados entre 15 e 20 metros de profundidade. Por estarem próximos à superfície, esses lençóis são recarregados principalmente pela infiltração das águas das chuvas, o que os 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 figura a seguir ilustra o exemplo de um poço raso.

Figura 38 – Exemplo de Poço Raso.



Fonte: Foto de divulgação, 2024.

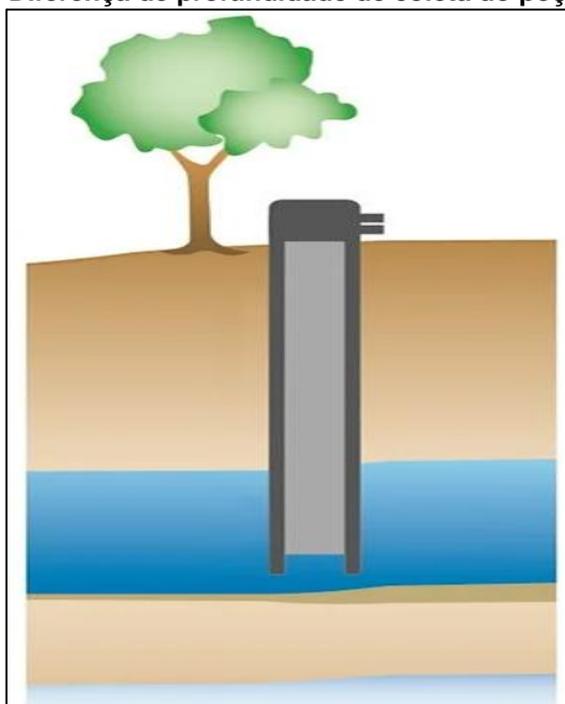
Poço profundo

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).

Figura 39 - Diferença de profundidade de coleta do poço profundo.



Fonte: Foto de divulgação, 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 40 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 40 - Exemplo de nascente.



Fonte: Foto de Divulgação, 2023.

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 a seguir demonstra a forma utilizada para o abastecimento de água com forma de captação superficial.

Figura 41 - Represas utilizadas para abastecimento de água na zona rural.



Fonte: SAEMI, 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).

Figura 42 - Exemplo de caminhão pipa.



Fonte: Foto de divulgação, 2020.

Reservatório de Água da Chuva

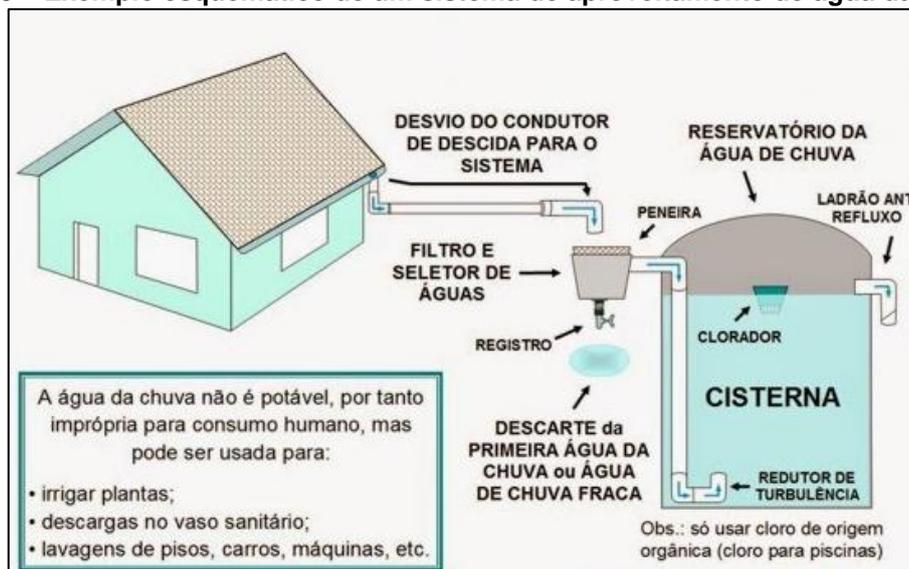
Os reservatórios de águas pluviais são estruturas vitais na gestão hídrica das áreas rurais, proporcionando uma série de benefícios essenciais. Além de abastecerem as comunidades rurais com água potável para uso doméstico e

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 43 é um exemplo de projeto para captação e armazenamento de águas pluviais.

Figura 43 – Exemplo esquemático de um sistema de aproveitamento de água das chuvas.



Fonte: Fürst, 2014.

Em Engenheiro Coelho, 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

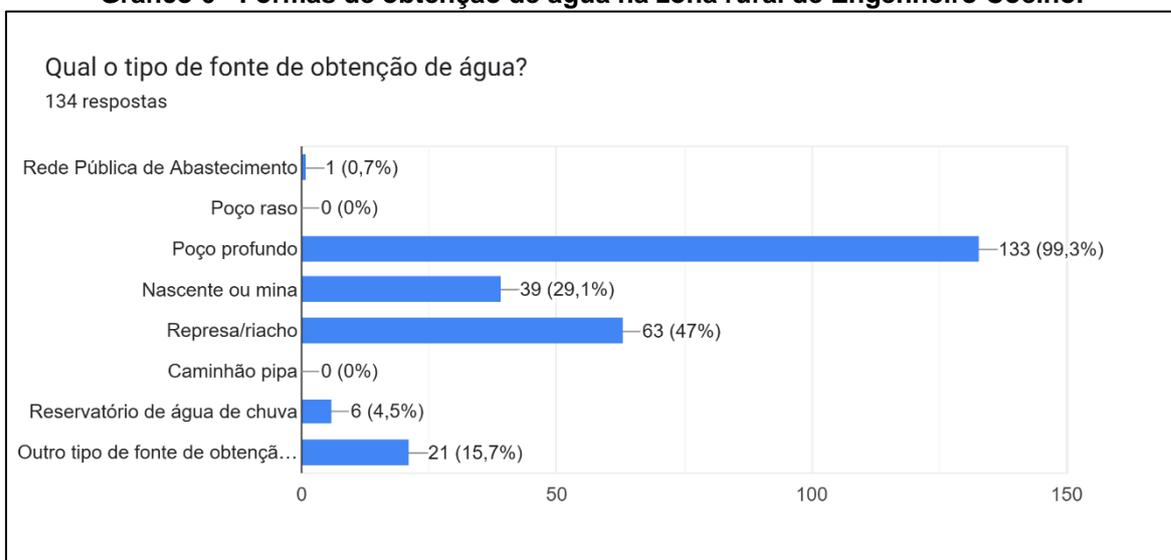
Os tópicos a seguir irão demonstrar a situação atual dos sistemas individuais existentes na zona rural de Engenheiro Coelho, baseando-se nos resultados obtidos através dos questionários presenciais aplicados durante as visitas técnicas às propriedades rurais. Esses dados fornecem uma visão detalhada 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 Engenheiro Coelho são os poços profundos, nascentes ou minas e captação superficial em represas ou riachos, além de tanques usado para a criação de peixes.

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

Gráfico 6 - Formas de obtenção de água na zona rural de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Conforme demonstrado no gráfico elaborado a partir das pesquisas de campo, observou-se que em apenas uma das 134 propriedades rurais de Engenheiro Coelho não ocorre a captação de água por meio de poço profundo.



Esse dado evidencia que essa forma de captação representa o principal meio de abastecimento hídrico no meio rural do município. Os demais métodos de captação, como o uso de nascentes e represas, são adotados de maneira complementar, geralmente voltados para finalidades específicas, como a dessedentação de animais ou a irrigação de cultivos.

Na tabela a seguir, apresentam-se as principais vantagens e desvantagens associadas a cada um desses métodos.

Tabela 9 - 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, 2025.

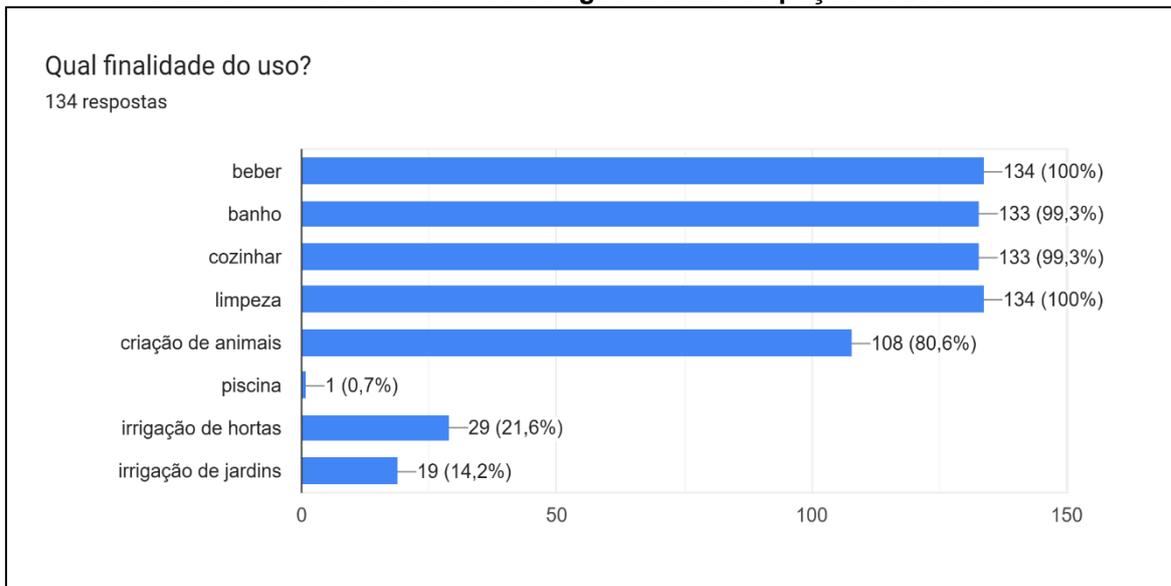
Embora seja possível listar as vantagens e desvantagens de cada método de captação de água, é fundamental considerar a realidade específica do ambiente onde será implantado, bem como os usos previstos para o recurso hídrico.

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 a seguir apresenta a finalidade do uso da água oriunda dos poços profundos em Engenheiro Coelho, já que este se mostrou o meio mais utilizado no município, de forma a destacar as principais atividades beneficiadas.

Gráfico 7 – Finalidade do uso de água oriunda de poços na zona rural.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Conforme observado, o uso doméstico da água é o mais frequente na zona rural de Engenheiro Coelho, 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 com um pouco menos de frequência utilizada para o desenvolvimento de hortas e jardins.

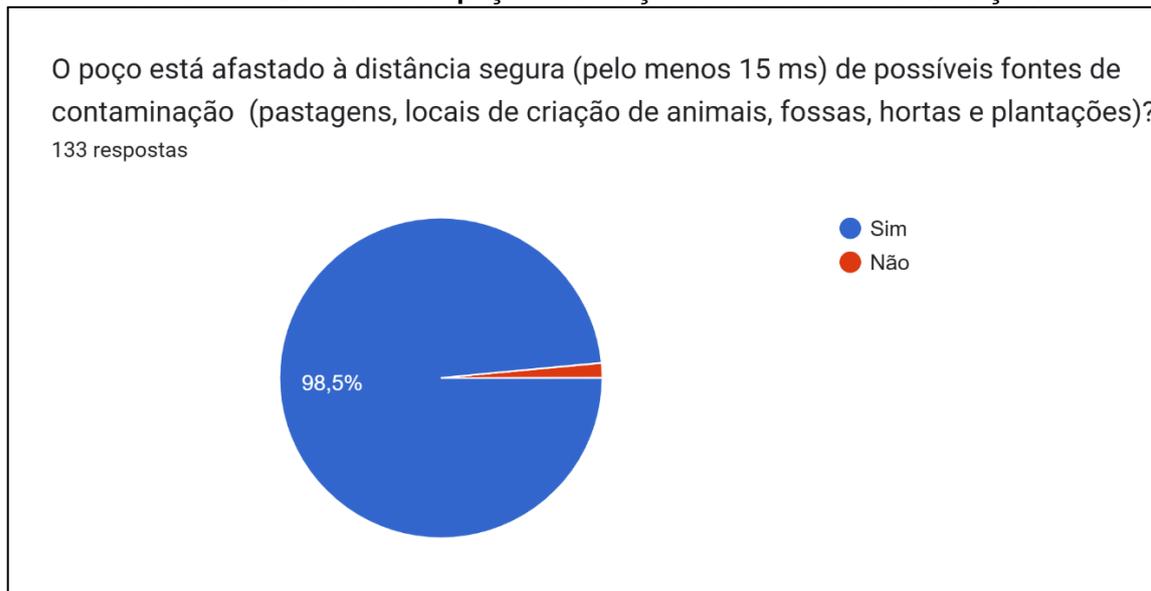
Poços rasos ou profundos

O abastecimento por poços na área rural de Engenheiro Coelho é composto majoritariamente por poços profundos, que são utilizados em sua maior parte para o consumo doméstico como banho, preparação de alimentos, limpeza e dessedentação.

É essencial garantir que esses poços estejam devidamente protegidos e sigam os parâmetros técnicos necessários para evitar contaminações superficiais e garantir a qualidade da água oriunda de aquíferos profundos. A análise da atual situação desses poços foi baseada nas informações coletadas durante os questionários aplicados em campo.

O gráfico abaixo 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 8 – Distância dos poços em relação as fontes de contaminação.

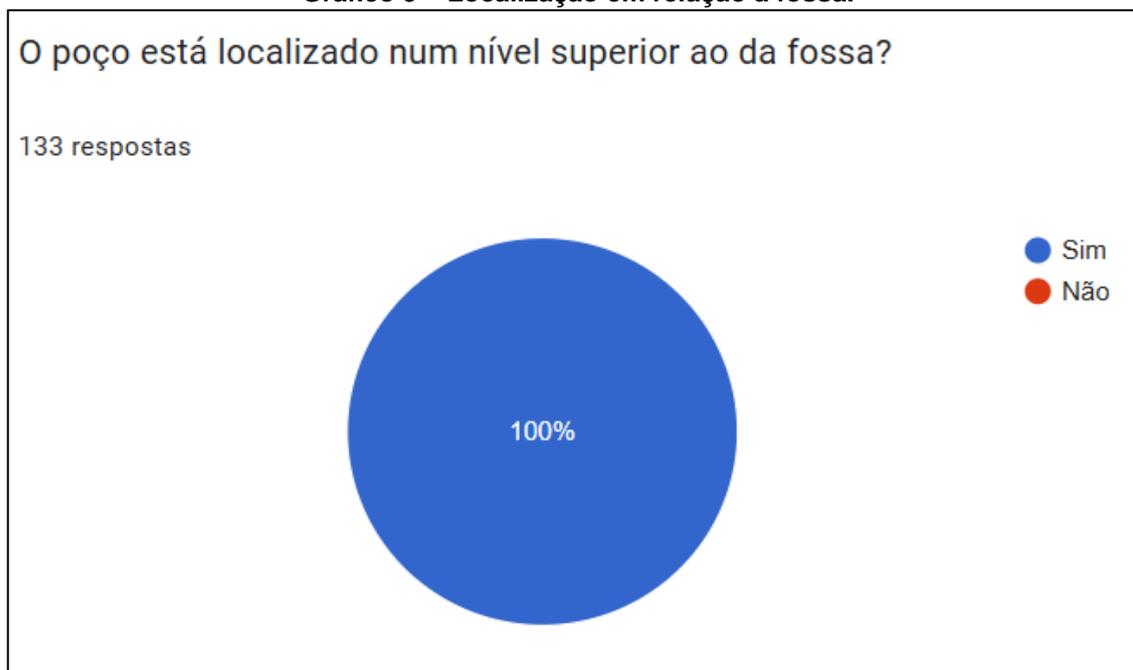


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Conforme os resultados obtidos, a maioria dos poços se encontram a uma distância mínima de 15 metros de possíveis fontes de contaminação, sendo o contrário observado apenas em dois casos, dentre as 133 propriedades que utilizam de poços para a captação de água.

Já no seguinte gráfico, 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, onde foi constatado pela pesquisa de campo que todos os imóveis visitados em Engenheiro Coelho estão em conformidade. 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.

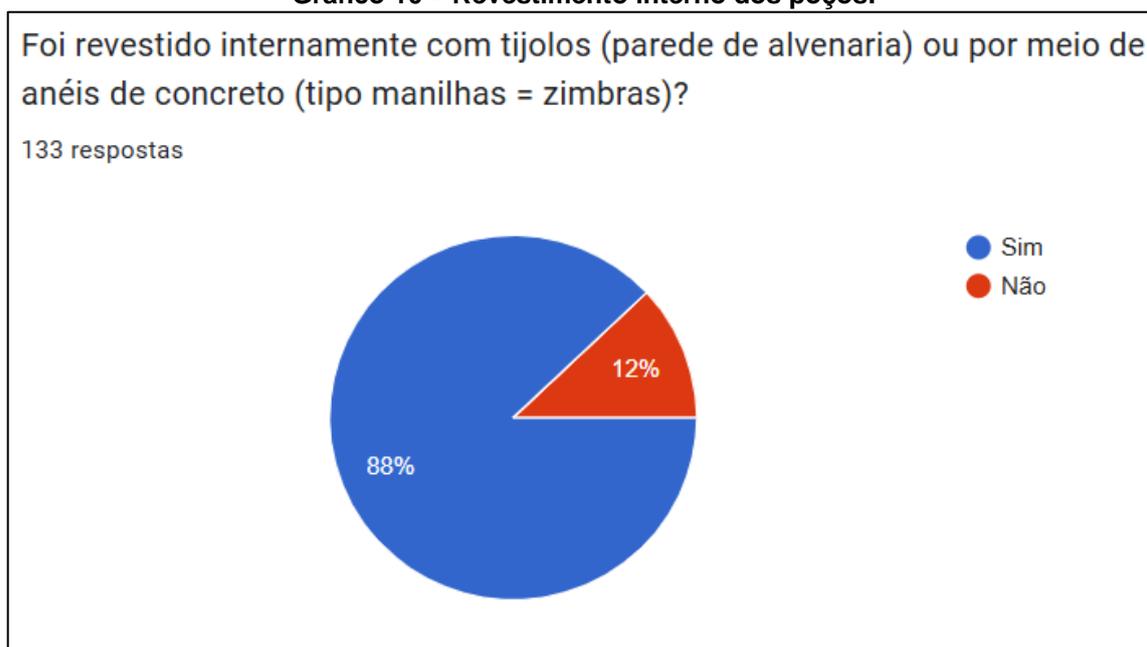
Gráfico 9 – Localização em relação a fossa.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

O Gráfico 10 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 10 – Revestimento interno dos poços.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

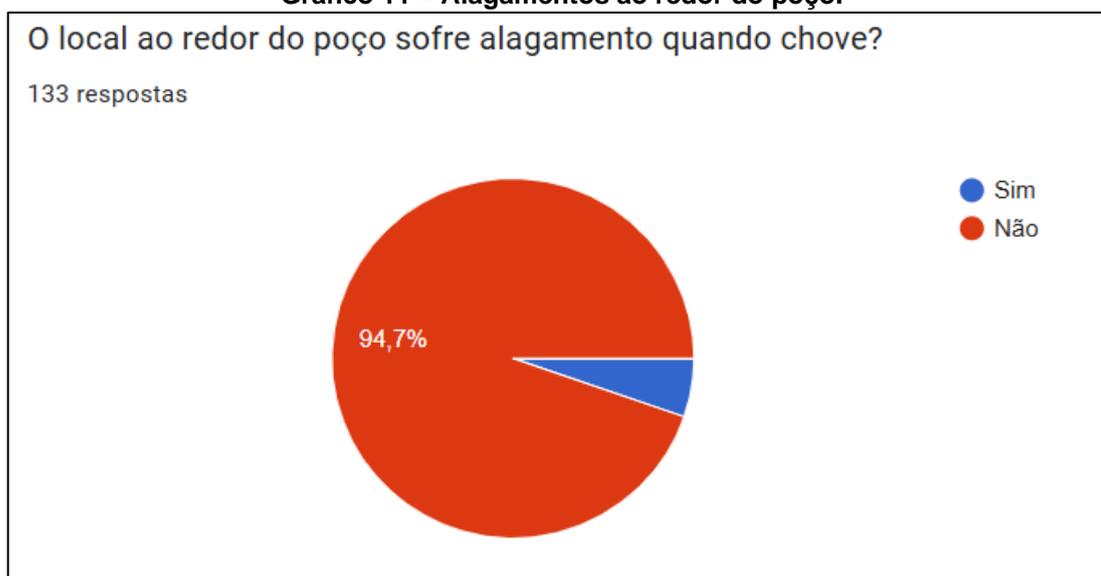
Observa-se que apenas 12%, o que representa 16 casos dentre as 133 propriedades, não possuem o revestimento interno adequado em seus poços. A recomendação para prevenir futuras contaminações é revestir e impermeabilizar os primeiros 3 metros a partir da superfície do terreno.

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).

Ademais, 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, caso que é geralmente observado em poços rasos.

O Gráfico 11 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 11 – Alagamentos ao redor do poço.

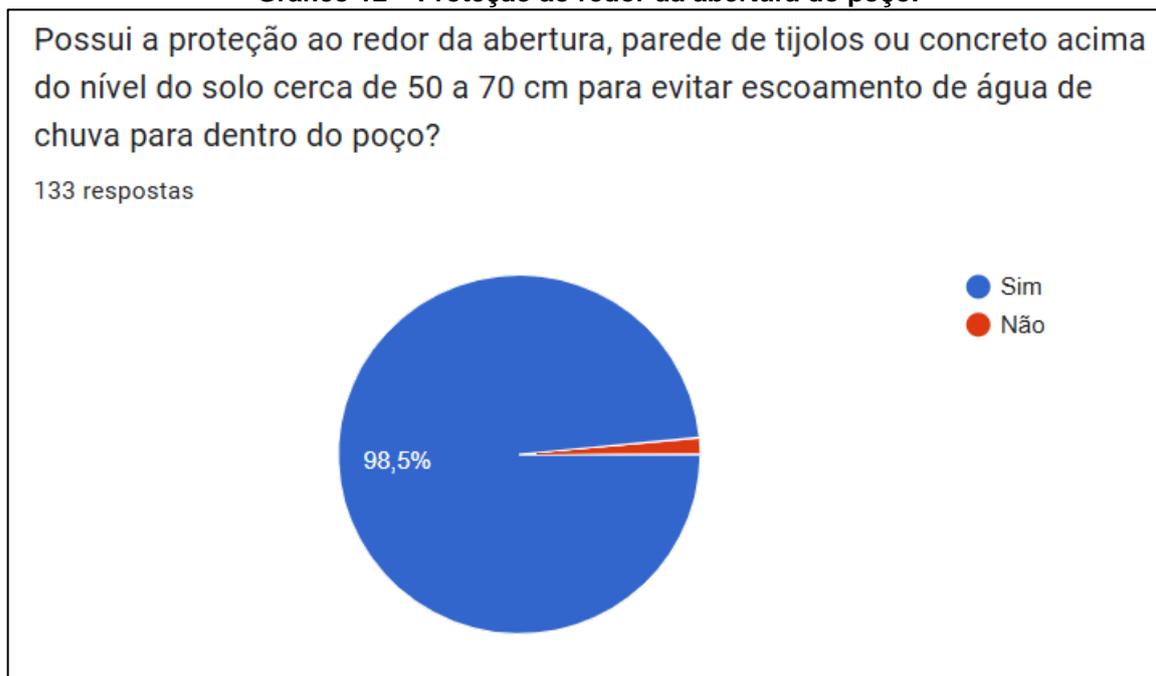


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Em relação aos alagamentos ao redor dos poços durante períodos de chuva, apenas 7 propriedades relataram esse problema de forma recorrente.

O Gráfico 12, 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 12 – Proteção ao redor da abertura do poço.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Conforme os dados, a grande maioria dos imóveis visitados possuem esta proteção contra o escoamento superficial, onde apenas em 2 casos foram relatados a inconformidade.

Na Figura 44 é mostrado um poço com proteção ao redor da abertura, impedindo o escoamento de águas pluviais.

Figura 44 – Exemplo de poço com altura na abertura visando impedir entrada de águas pluviais.

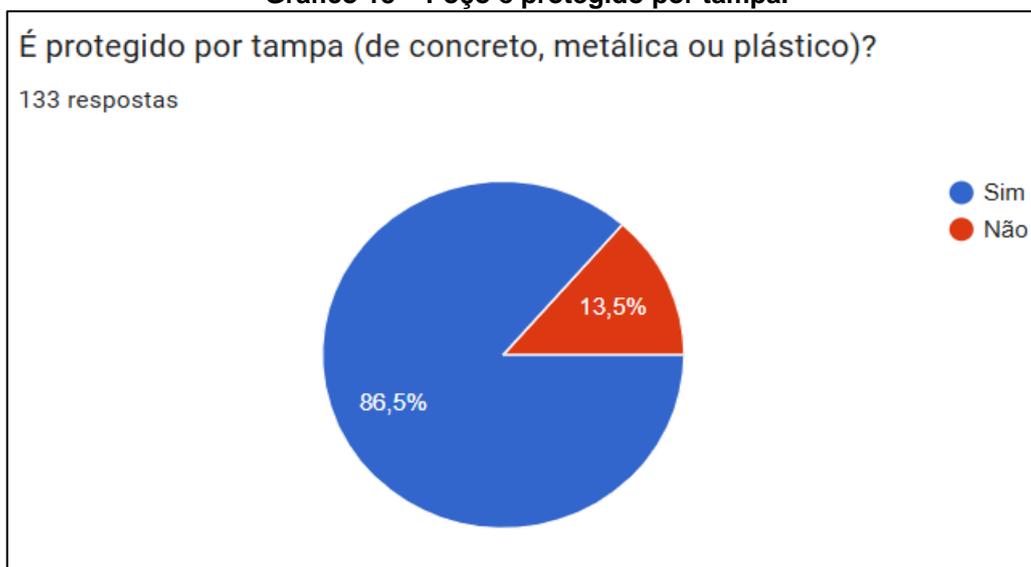


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

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 13 , observa-se que 13,5%, o que representa 18 das 133 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 13 – Poço é protegido por tampa.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

O Gráfico 14 apresenta informações sobre a integridade e vedação das tampas de proteção dos poços, dentre as propriedades que afirmaram possui a proteção por tampa, o que representa um total de 115 propriedades. Entre as propriedades que possuem tampas de proteção, apenas 3 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 14 – Integridade da tampa de proteção.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

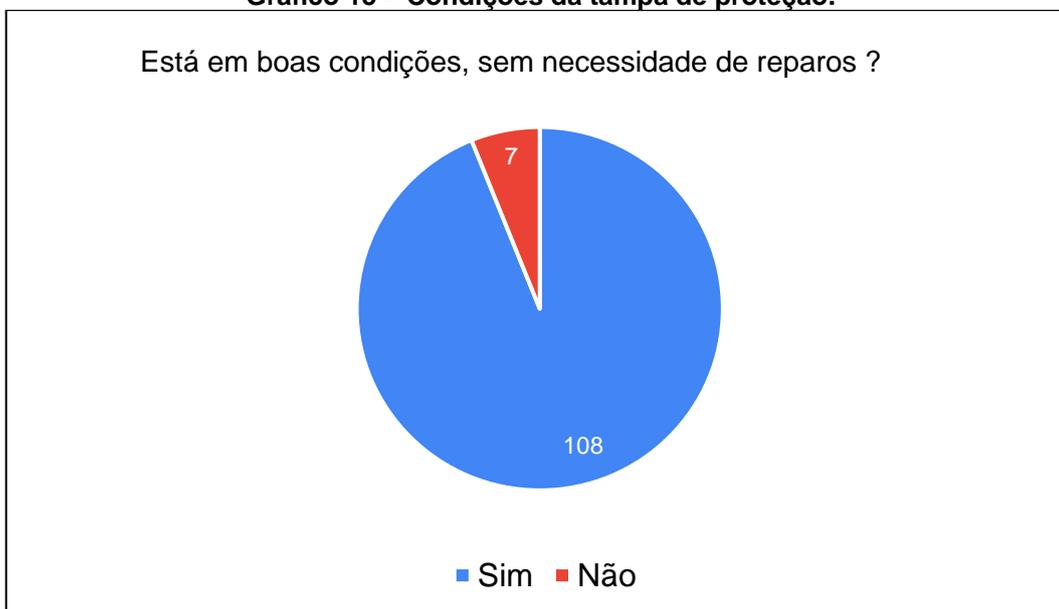
O Gráfico 15 expressa as condições das tampas de proteção dos poços de captação de água nas propriedades rurais, um elemento essencial para garantir tanto a qualidade da água quanto a segurança das pessoas. Tampas inadequadas ou ausentes podem permitir a entrada de contaminantes, sujeira, animais e outros poluentes, comprometendo a potabilidade da água e, conseqüentemente, colocando em risco a saúde dos usuários.

Conforme os resultados obtidos nos questionários aplicados, 7 das 115 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 15 – Condições da tampa de proteção.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

O Gráfico 16 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, 127 propriedades relataram que não realizam nenhum tipo de tratamento, enquanto apenas 6 propriedades afirmaram adotar práticas de desinfecção da água, geralmente com a utilização de cal ou cloro.

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



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Nascente ou mina

As nascentes e minas representam fontes de água de grande importância para algumas propriedades rurais em Engenheiro Coelho, 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.

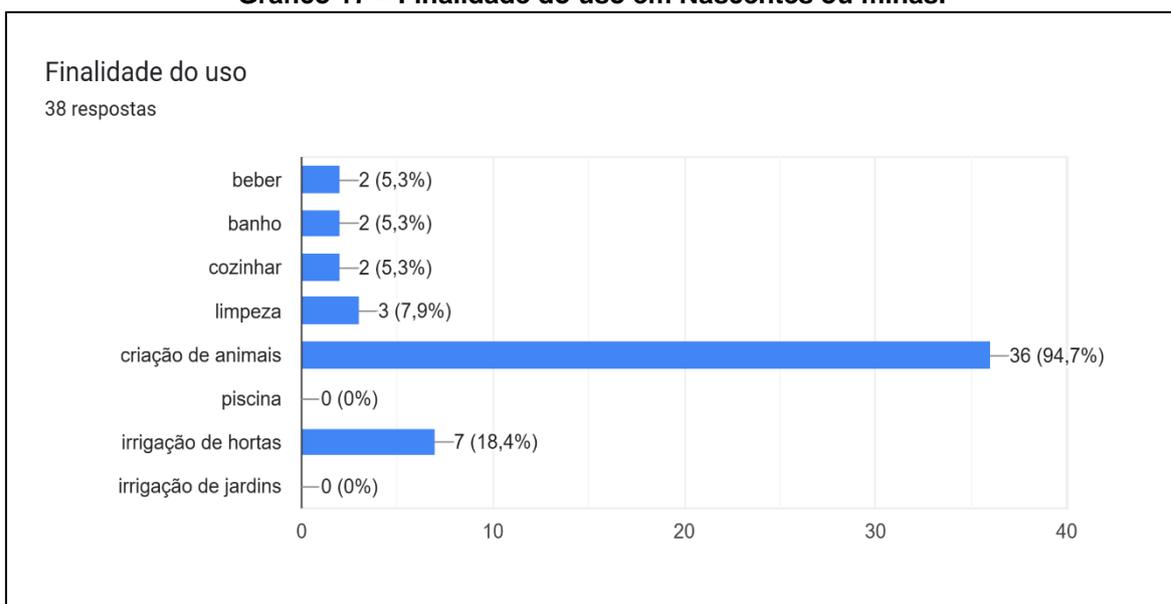
Essa filtragem natural, embora eficiente, é influenciada por diversos fatores, como o tipo de terreno, a proximidade com áreas urbanas, as práticas agrícolas

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.

No gráfico a seguir são apresentados os principais usos das águas oriundas de nascentes ou minas, sendo majoritariamente utilizadas para a dessedentação de animais, conforme mencionado.

Gráfico 17 – Finalidade do uso em Nascentes ou minas.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

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, 2025.

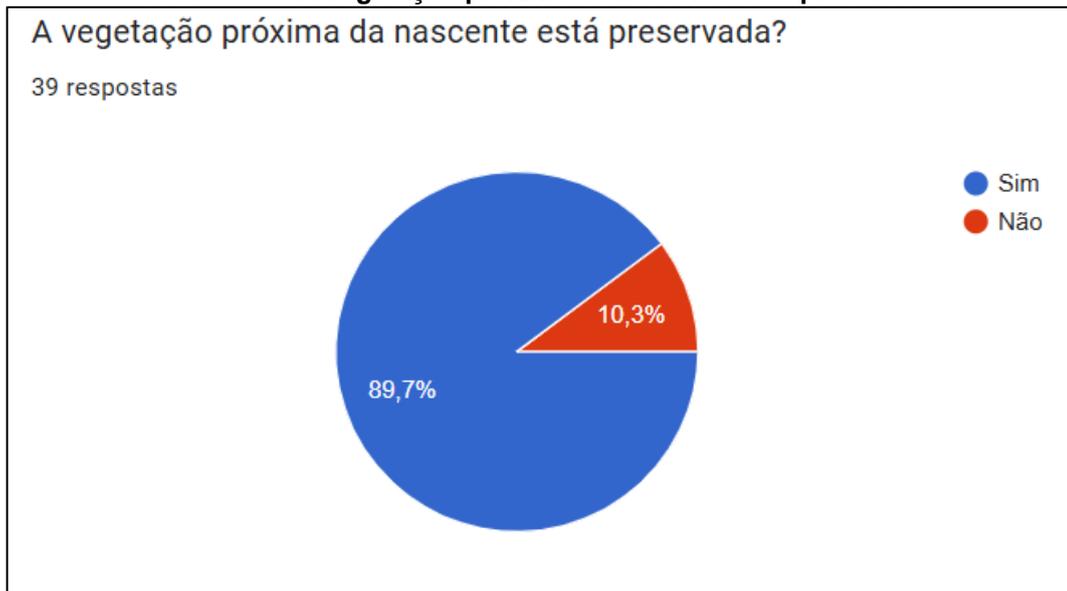
De acordo com o Gráfico 18, apenas 3 das 39 propriedades que utilizam nascentes como fonte de abastecimento relataram ter construído uma caixa de alvenaria com tampa para a captação de água. As demais 36 propriedades não adotaram essa medida, o que representa um potencial risco à qualidade da água devido 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 35 das 39 propriedades mantêm a vegetação preservada, enquanto apenas 4 propriedades foram relatadas a vegetação sem preservação.

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.



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 pontuais na proteção das fontes de água, como a falta de caixas de alvenaria com tampa. Outro ponto questionado durante as pesquisas de campo era da ocorrência de alagamentos ao redor da mina em períodos chuvosos, onde 12 propriedades afirmaram ter esses problemas de forma recorrente.

Quando há alagamento ao redor da mina, a água da chuva pode carregar consigo sedimentos, matéria orgânica, agrotóxicos, fezes de animais, fertilizantes ou outros poluentes superficiais, que podem infiltrar e contaminar a água da nascente, afetando diretamente sua qualidade.

Represas ou riachos

A captação de água em represas ou riachos é uma prática comum em áreas rurais, geralmente feita por meio de bombas de sucção ou gravidade, direcionando a água até reservatórios ou diretamente para os pontos de uso, como bebedouros, sistemas de irrigação ou tanques de armazenagem. Esses sistemas variam de acordo com a topografia do terreno e a disponibilidade hídrica local.

No município de Engenheiro Coelho, conforme apresentado no Gráfico 6, 63 propriedades rurais declararam utilizar corpos hídricos superficiais, como represas e riachos, como forma de captação de água para fins diversos. A seguir são citados



os mais recorrentes nomes de corpos hídricos citados na pesquisa, vale ressaltar que em muitas ocasiões o entrevistado não sabia dizer o nome do córrego ou riacho.

- Riacho Robalo
- Ribeirão Guaiquica
- Ribeirão Taperão
- Córrego dos Correias
- Cursos de menor vazão, utilizados localmente.

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.

Em relação as repostas obtidas durante a aplicação dos questionários, todas as propriedades visitadas em Engenheiro Coelho fazem o armazenamento da água, utilizando como dispositivo principal as caixas d'água, onde as mesmas são elevadas e ligadas a encanamentos e torneiras.

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.

A figura a seguir apresenta tal dispositivo em conformidade.

Figura 45 – Exemplo de reservatório elevado e ligado a encanamentos.

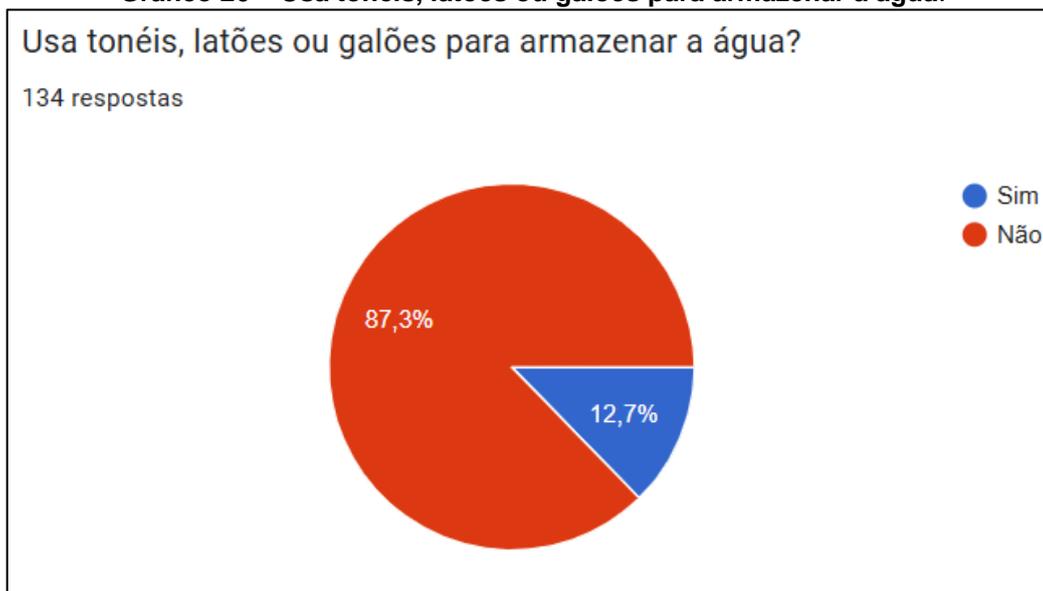


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

De acordo com os dados apresentados no Gráfico 20, 117 das 134 propriedades não utilizam tonéis, latões ou galões para o armazenamento de água, evidenciando que a maioria adota formas mais seguras de armazenamento. Apenas 17 propriedades fazem uso desses recipientes.

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



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



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).

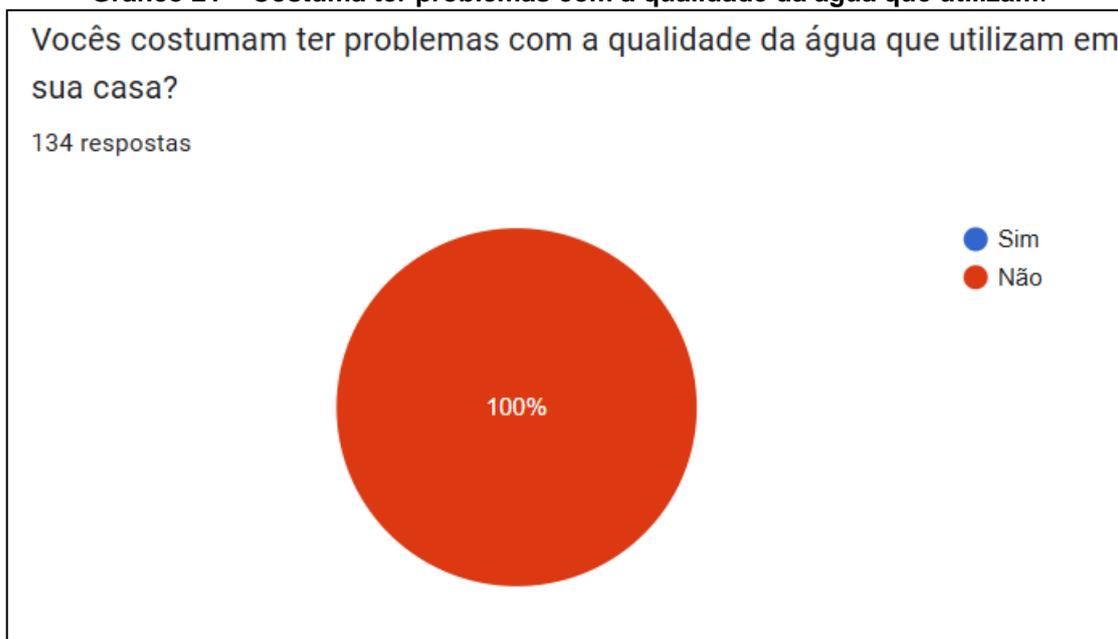
No Brasil, a lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, determina que as áreas rurais devem ter acesso à água potável tratada.

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.

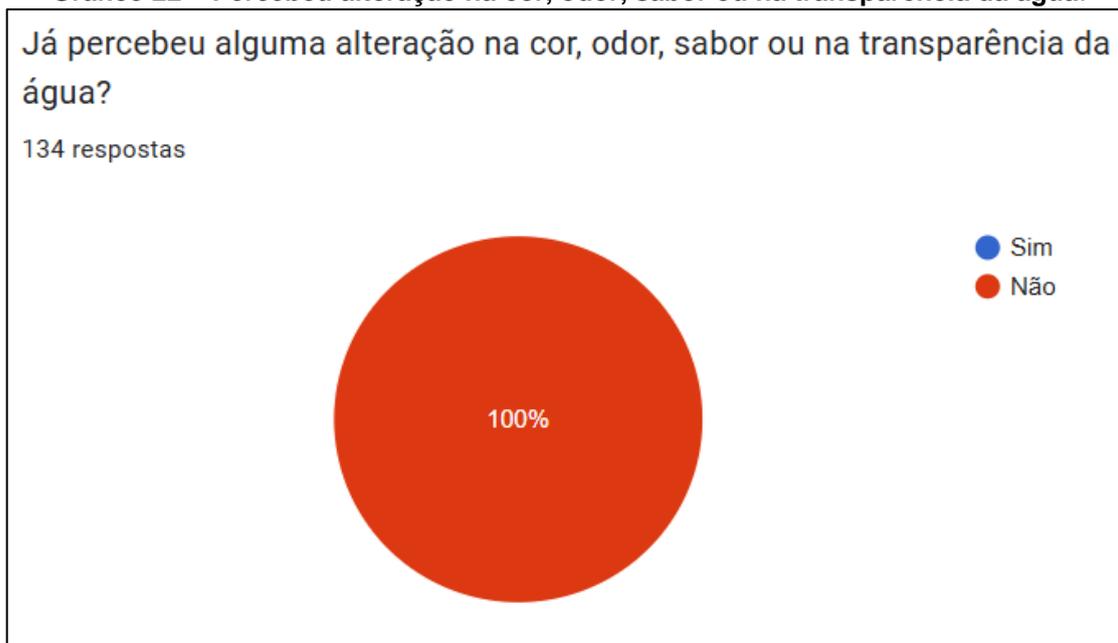
A seguir, será apresentado o panorama da atual situação do tratamento e qualidade da água dos sistemas existentes em propriedades rurais do município de Engenheiro Coelho.

Gráfico 21 – Costuma ter problemas com a qualidade da água que utilizam.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 22 – Percebeu alteração na cor, odor, sabor ou na transparência da água.



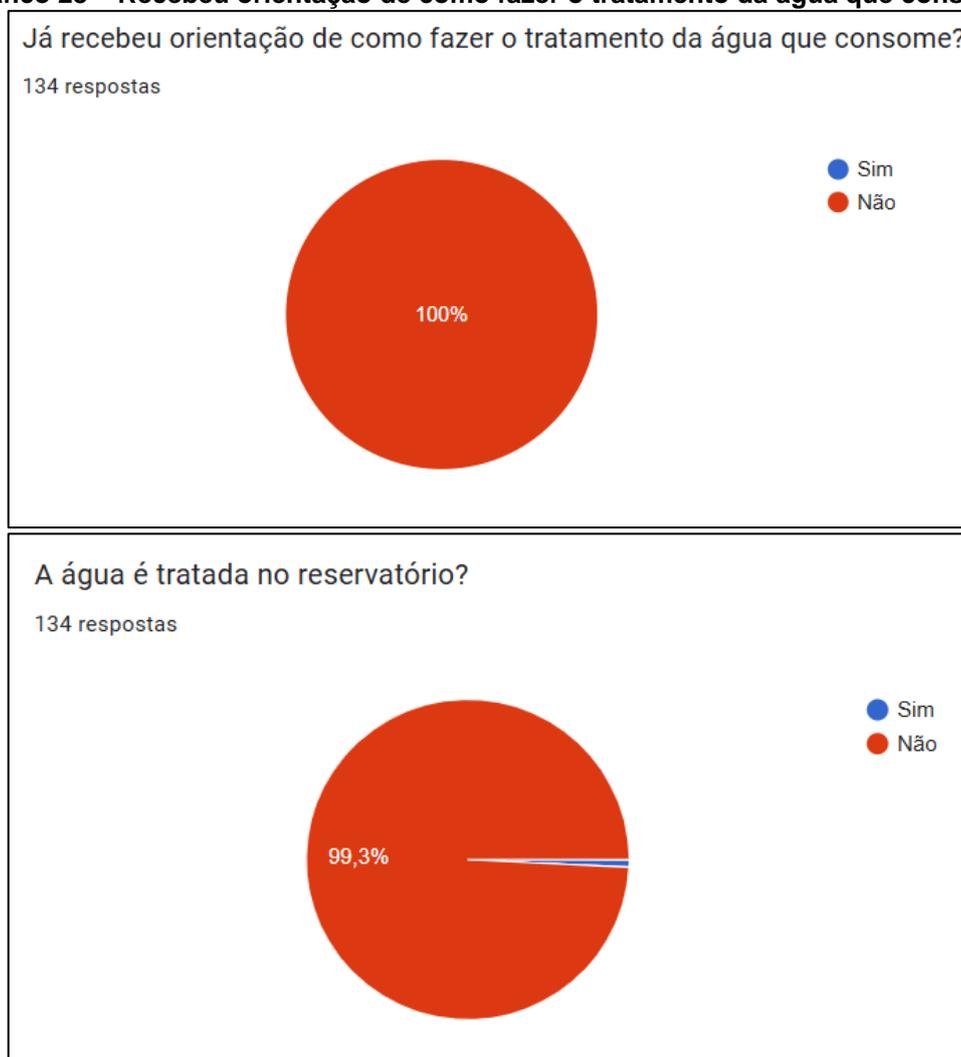
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

De acordo com os dados apresentados no Gráfico 21 e 21, 100% das propriedades entrevistadas não relataram problemas com a qualidade da água utilizada ou perceberam alterações que indicam alguma fonte de contaminação.

Conforme demonstrado nos gráficos apresentados a seguir, verificou-se que 100% dos entrevistados afirmaram nunca ter recebido qualquer tipo de orientação técnica sobre o tratamento da água consumida em suas propriedades. Além disso, foi identificado que apenas uma propriedade realiza algum tipo de tratamento da água no reservatório, seja por meio da cloração ou pelo fervimento da água antes do consumo.

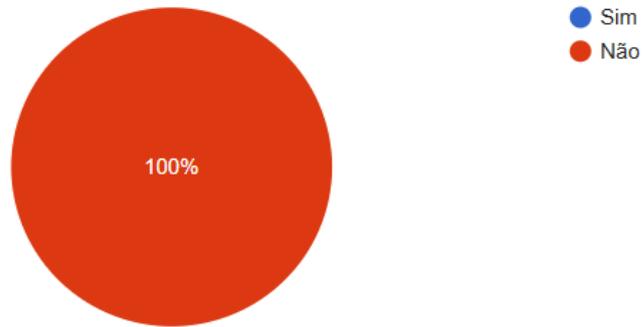
Outro dado relevante é que nenhuma das propriedades entrevistadas realizou análise da qualidade da água consumida, o que representa um fator de risco à saúde, especialmente considerando a predominância do uso de poços e fontes naturais sem controle de potabilidade.

Gráfico 23 – Recebeu orientação de como fazer o tratamento da água que consome.



Já foi realizada análise da água?

134 respostas



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



3.1.5. Análise Crítica do Sistema de Abastecimento de Água

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

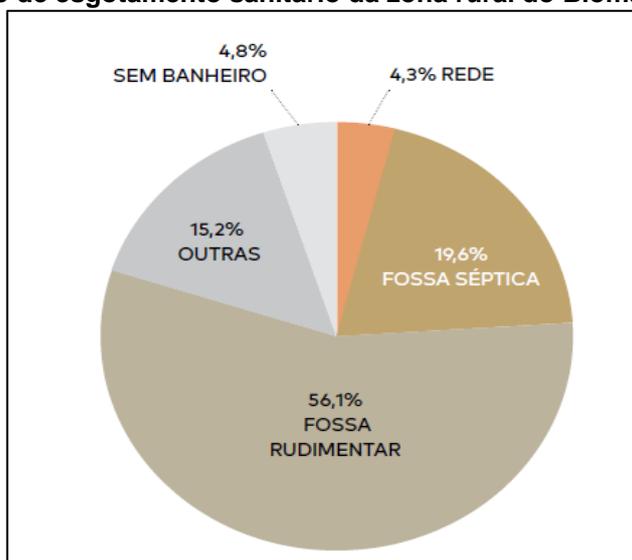
- Propriedades rurais que captam água de nascentes sem caixa com alvenaria ou tampa;
- Poços com necessidade de reparos;
- Falta de orientação do Poder Público em relação ao tratamento da água que consome;

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

3.2. Sistema de Esgotamento Sanitário

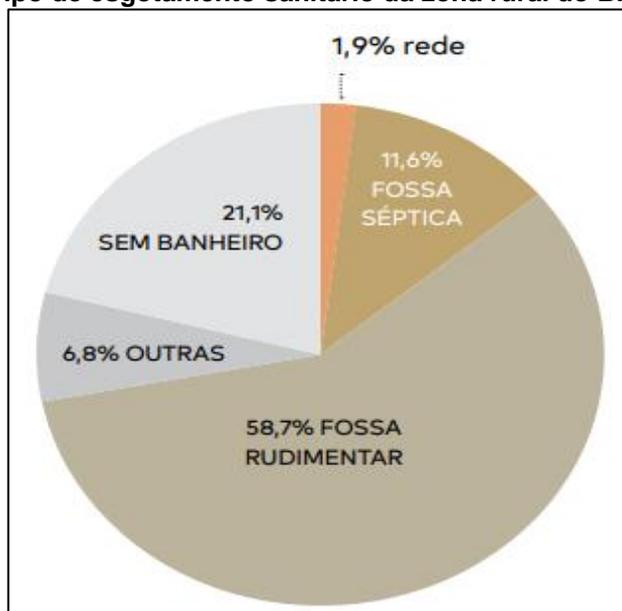
De acordo com o Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural (2019), os biomas Mata Atlântica e Cerrado, presentes território de Engenheiro Coelho, destacam-se pelo predomínio das fossas rudimentares como principal solução para o esgotamento sanitário no meio rural. Essa prática abrange cerca de 58,7% dos domicílios rurais situados nesses biomas. As figuras abaixo ilustram essas informações de forma detalhada.

Figura 46 - Tipo de esgotamento sanitário da zona rural do Bioma Mata Atlântica.



Fonte: Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019.

Figura 47 - Tipo de esgotamento sanitário da zona rural do Bioma Cerrado.



Fonte: Manual do Programa Nacional de Saneamento Rural, 2019.



O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) nas macrozonas rurais e no perímetro rural do município de Engenheiro Coelho 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.

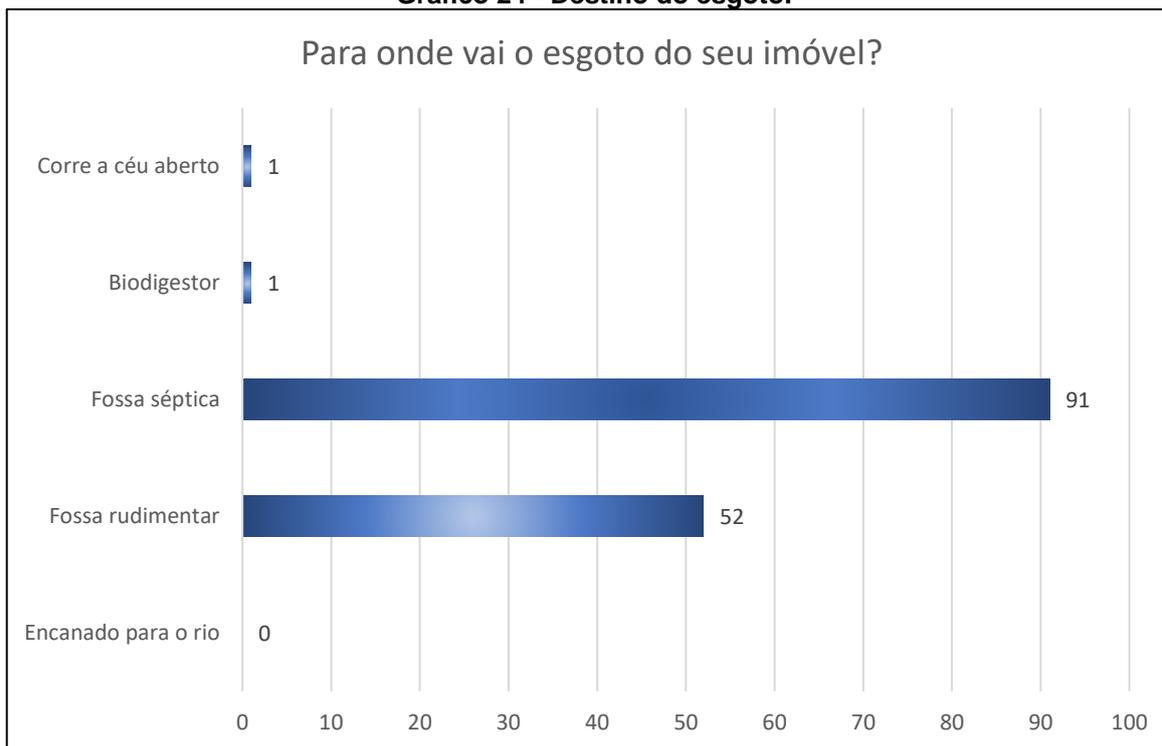
Nesse cenário, a descentralização do tratamento de esgoto doméstico, com a implantação de sistemas individuais, como fossas sépticas, filtros e sumidouros, torna-se uma alternativa viável e eficiente (Costa e Guilhoto, 2014). Quando projetados e operados corretamente, esses sistemas atendem comunidades 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 zona rural de Engenheiro Coelho, o tratamento de esgoto é predominantemente realizado por meio de sistemas individuais, sendo as fossas sépticas e as fossas rudimentares as tecnologias mais comuns, com 91 e 52 registros, respectivamente, conforme os dados obtidos nos questionários aplicados.

Não foram identificadas situações de lançamento direto de esgoto em corpos hídricos. Apenas uma ocorrência de escoamento a céu aberto foi registrada, porém a área afetada encontrava-se distante de Áreas de Preservação Permanente (APPs) ou de qualquer recurso hídrico, não configurando risco ambiental imediato.

Gráfico 24 - Destino do esgoto.

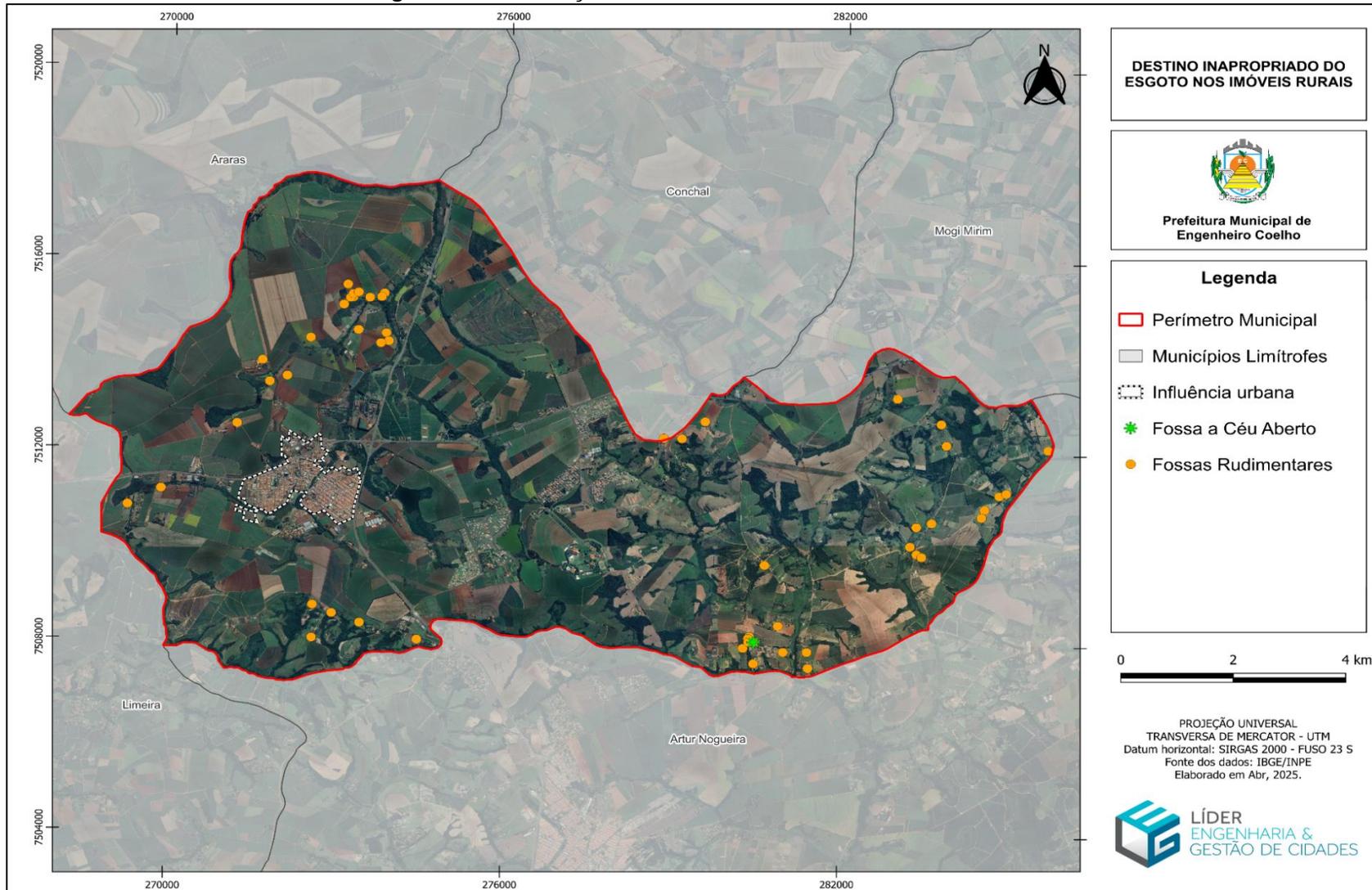


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

De acordo com as informações apresentadas no gráfico, foi elaborado um mapa que identifica a localização das propriedades cujos moradores relataram a utilização de fossas rudimentares, além de uma fossa a céu aberto identificada. 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. De acordo com o apresentado no gráfico, cerca de 38,8% dos entrevistados utilizam das fossas rudimentares como destinação do esgoto em seus imóveis.

Figura 48 - Localização das fossas rudimentares identificadas.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Figura 49 - Fossa a céu aberto identificada.
(Coordenada: Latitude: 22° 31' 11.95''S – Longitude: 47° 8' 4.38''O)



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

O gráfico a seguir 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, apenas 2 das 134 propriedades indicaram 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.

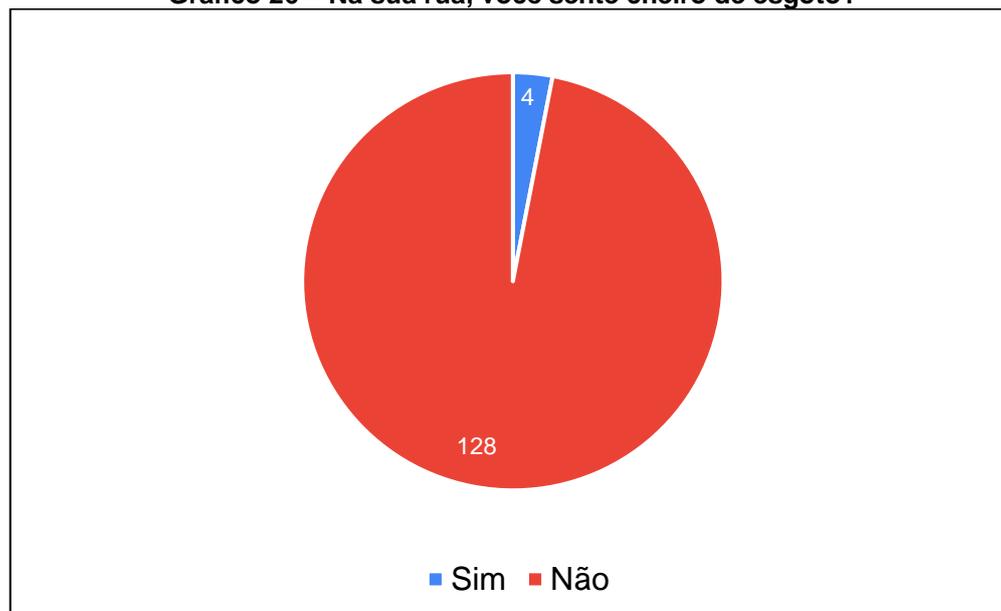
Gráfico 25 - A limpeza da fossa é feita periodicamente?



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Já no gráfico abaixo, é revelado que, apesar da ausência de limpeza periódica das fossas, apenas em 4 imóveis, dentre os 134, afirmaram sentir cheiro de esgoto em sua rua. 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 26 – Na sua rua, você sente cheiro de esgoto?



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



Em Engenheiro Coelho, 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 uma das principais formas de destinação do esgotamento sanitário na zona rural de Engenheiro Coelho, sendo utilizadas por 52 das 134 propriedades entrevistadas, mesmo que essa prática não seja considerada ambientalmente adequada.

A figura a seguir apresenta um exemplo esquemático de fossa rudimentar.

Figura 50 – Modelo esquemático de uma fossa rudimentar.

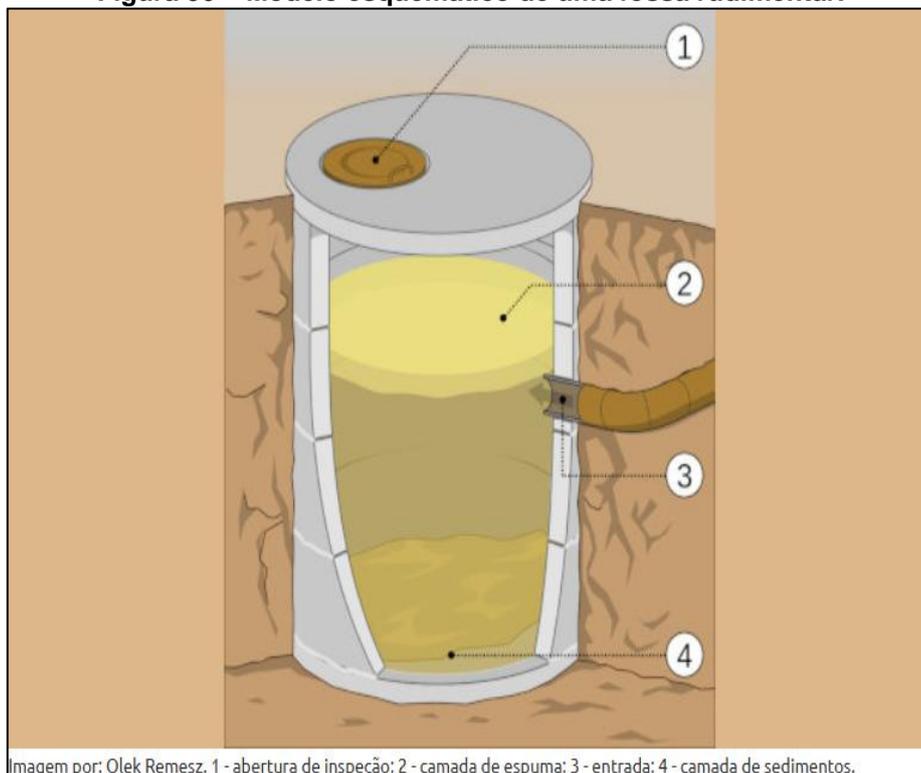


Imagem por: Olek Remesz. 1 - abertura de inspeção; 2 - camada de espuma; 3 - entrada; 4 - camada de sedimentos.

Fonte: Olek Remesz, 2024.

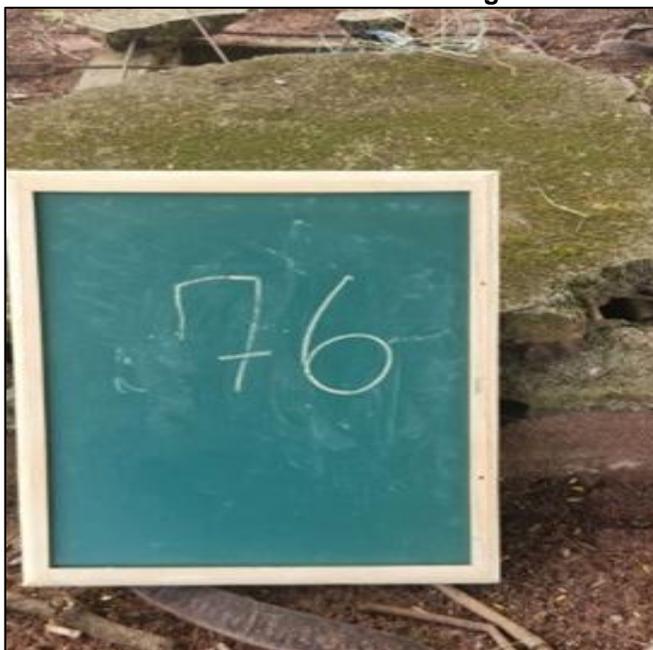
Já nas figuras a seguir são mostrados alguns dos exemplares de fossas rudimentares registradas durante a aplicação da pesquisa de campo em Engenheiro Coelho, contendo as coordenadas geográficas das localidades.

**Figura 51 - Fossa rudimentar em Engenheiro Coelho – Grupo 04.
(Coordenada: Latitude: 22°29'37.17"S – Longitude: 47°14'34.04"O)**



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

**Figura 52 - Fossa rudimentar com tampa quebrada em Engenheiro Coelho – Grupo 07.
(Coordenada: Latitude: 22°28'44.10"S – Longitude: 47° 6'6.98"O)**



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

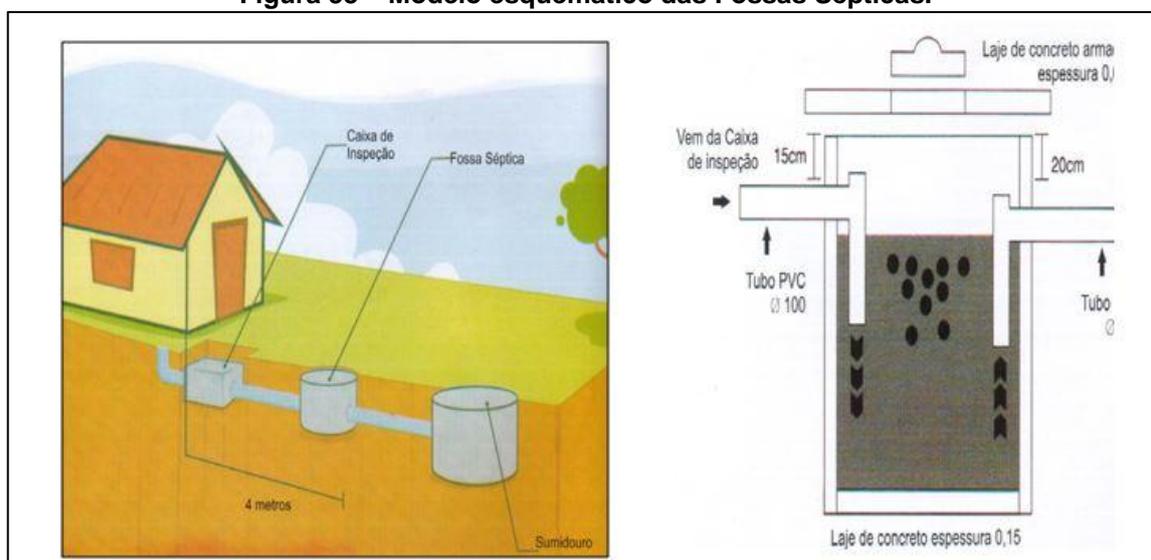
3.2.1.2. Fossa Séptica

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 53 – Modelo esquemático das Fossas Sépticas.



Fonte: Imagem de divulgação.

Nas imagens a seguir são apresentados registros de fossas sépticas obtidas durante a aplicação dos questionários em Engenheiro Coelho.

Figura 54 - Fossa séptica em Engenheiro Coelho – Grupo 10.
(Coordenada: Latitude: 22°31'18.30"S – Longitude: 47° 7'49.23"O)



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Figura 55 - Fossa séptica em Engenheiro Coelho – Grupo 05.
(Coordenada: Latitude: 22°28'44.43"S – Longitude: 47° 9'18.67"O)



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

**Figura 56 - Fossa séptica bem vedada em Engenheiro Coelho – Grupo 07.
(Coordenada: Latitude: 22°29'24.61"S – Longitude: 47° 6'8.12"O)**



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

3.2.1.3. Biodigestor

Os biodigestores representam uma solução alternativa e eficiente para o tratamento de esgoto doméstico em áreas rurais, sendo especialmente indicados para locais onde não há acesso à rede pública de coleta e tratamento. Essa tecnologia baseia-se no processo de biodigestão anaeróbia, que consiste na decomposição da matéria orgânica por meio da ação de bactérias anaeróbicas, ou seja, que atuam na ausência de oxigênio (Barbosa e Langer, 2011). Durante esse processo, são gerados dois subprodutos principais: o biogás, composto majoritariamente por metano e dióxido de carbono, e o biofertilizante, um efluente estabilizado que pode ser utilizado na agricultura.

O biogás produzido pode ser aproveitado como fonte energética para cocção de alimentos, aquecimento de água ou mesmo para geração de energia elétrica, o que representa uma vantagem importante em propriedades rurais com limitação de acesso à energia convencional (Deganutti et al., 2002). Já o biofertilizante, rico em nutrientes, contribui para a fertilidade do solo e pode substituir, parcial ou totalmente, o uso de fertilizantes químicos, promovendo benefícios agrônômicos e econômicos.



Entre os principais pontos positivos do uso de biodigestores em áreas rurais, destacam-se:

- Redução da carga orgânica lançada no meio ambiente, contribuindo para a proteção dos recursos hídricos e do solo;
- Melhoria das condições sanitárias das propriedades, reduzindo riscos de contaminações e doenças de veiculação hídrica;
- Geração de energia renovável (biogás) e de insumo agrícola (biofertilizante), promovendo sustentabilidade e economia local;
- Baixa emissão de odores, quando corretamente operado e dimensionado.

Por outro lado, também existem limitações e desafios associados à adoção dessa tecnologia, principalmente em relação ao investimento financeiro e de manutenção técnica:

- Necessidade de investimento inicial relativamente elevado, o que pode dificultar o acesso para pequenos produtores;
- Demanda por manejo e manutenção adequados, exigindo capacitação mínima dos usuários para garantir o funcionamento eficiente e seguro do sistema;

No contexto do município de Engenheiro Coelho, os biodigestores se mostram como uma alternativa promissora para o aprimoramento do sistema de esgotamento sanitário rural, especialmente em propriedades com perfil agropecuário, onde é possível aproveitar integralmente os subprodutos gerados. A sua adoção, contudo, deve ser acompanhada por ações de orientação técnica, políticas de incentivo e estratégias de gestão comunitária ou individual que garantam sua operação adequada e sustentável ao longo do tempo.

Na imagem a seguir é mostrado um exemplo esquemático do funcionamento de um biodigestor.

Figura 57 - Modelo esquemático de um biodigestor anaeróbio.



Fonte: Tecnipar, 2019.



3.2.2. Análise Crítica do Sistema de Esgotamento Sanitário

A principal deficiência que pode ser citada acerca dos sistemas individuais de esgotamento sanitário nas propriedades rurais de Engenheiro Coelho é:

- Alto número de propriedades rurais que utilizam fossas rudimentares;
- Existência de uma propriedade (Dentre as participantes da pesquisa) com a fossa a céu aberto;
- Alto número de propriedades que não fazem a limpeza adequada;
- Foram relatados casos em que a tampa da fossa estava danificada ou em más condições.

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.

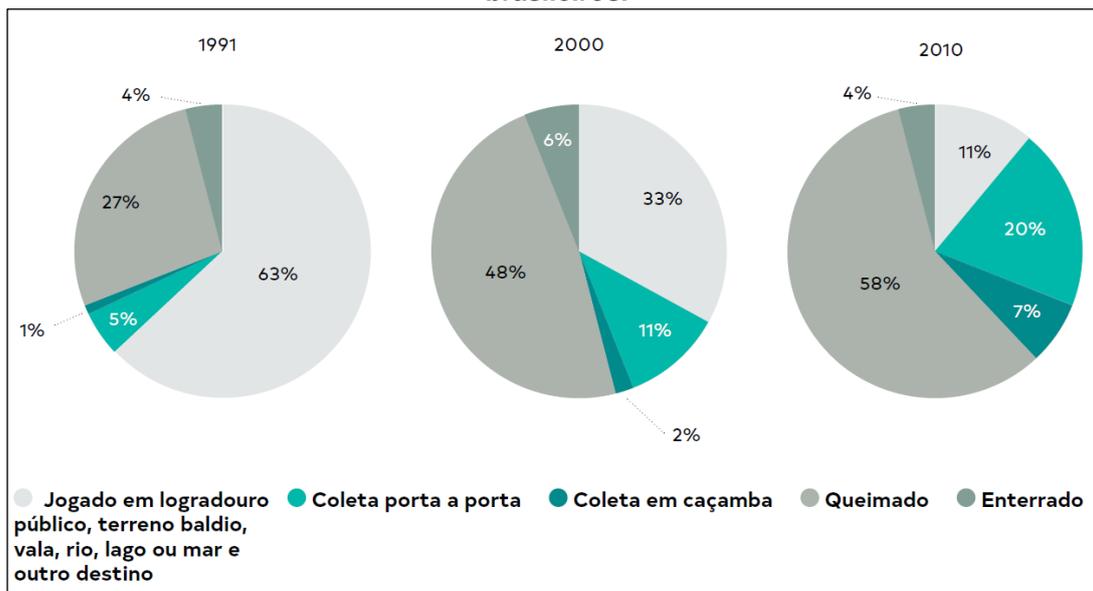
Os agricultores, por exemplo, frequentemente adotam a compostagem para os resíduos orgânicos, transformando-os em adubo para uso na agricultura. Além disso, a separação adequada dos resíduos recicláveis é incentivada, frequentemente por meio de programas de conscientização e educação ambiental.

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 58 ilustra a situação descrita.

Figura 58 - Evolução das formas de destinação de resíduos sólidos nos domicílios rurais brasileiros.



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 Engenheiro Coelho.

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).

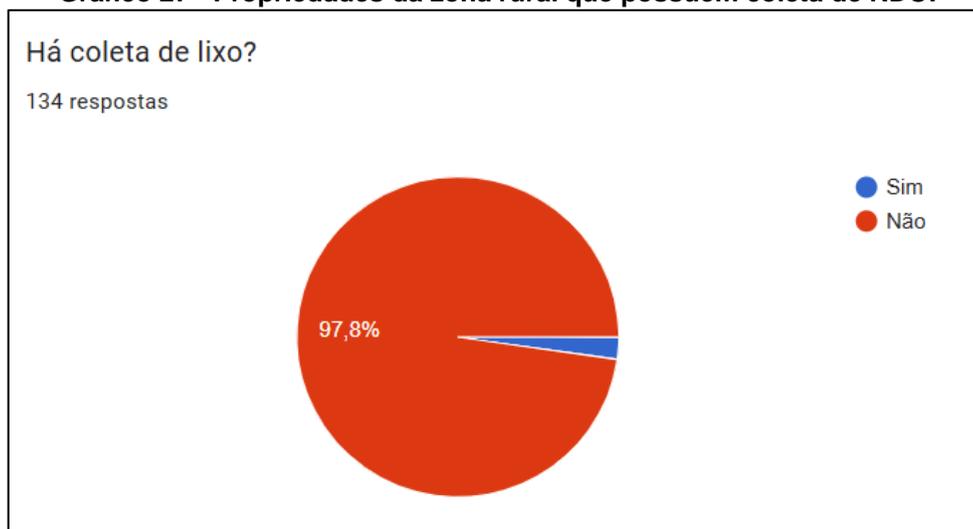
As comunidades rurais frequentemente enfrentam desafios específicos, como a falta de infraestrutura adequada para a coleta e o tratamento de resíduos. No entanto, essas áreas também apresentam oportunidades únicas, como a promoção de práticas agrícolas sustentáveis, a valorização de produtos recicláveis 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 municípios da zona rural de Engenheiro Coelho, a aplicação do questionário revelou que apenas 11 propriedades afirmaram contar com a coleta de RDO por meio de lixeiras em pontos específicos, o que representa cerca de 8,2% do total. Ademais, apenas 3 propriedades afirmaram que as coletas são realizadas diretamente de suas residências, sendo as 8 restantes necessitando de algum deslocamento para o ponto de coleta.

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 27 - Propriedades da zona rural que possuem coleta de RDO.



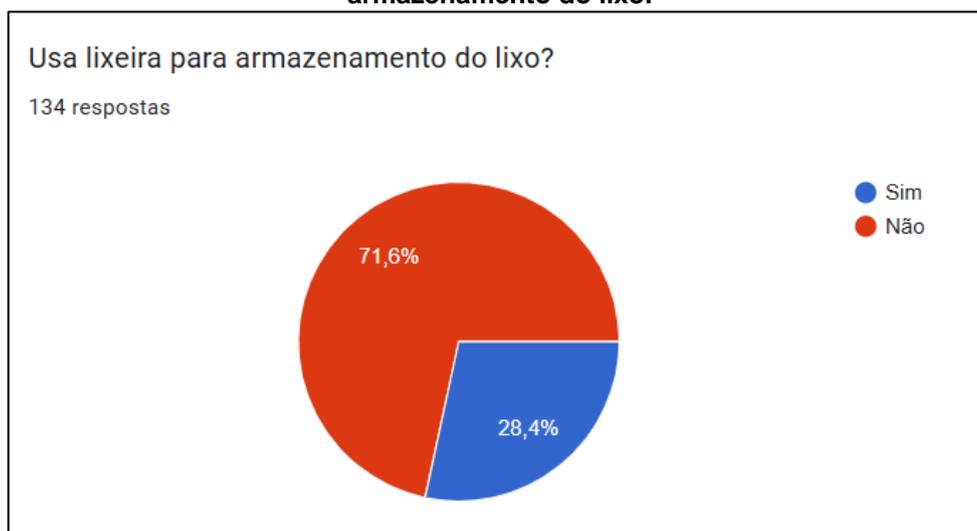
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

O gráfico a seguir apresenta dados sobre o uso de dispositivos de armazenamento de resíduos nas propriedades, mostrando que apenas 38 residências utilizam lixeiras suspensas, enquanto o restante de 96 propriedades não adotam este 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.

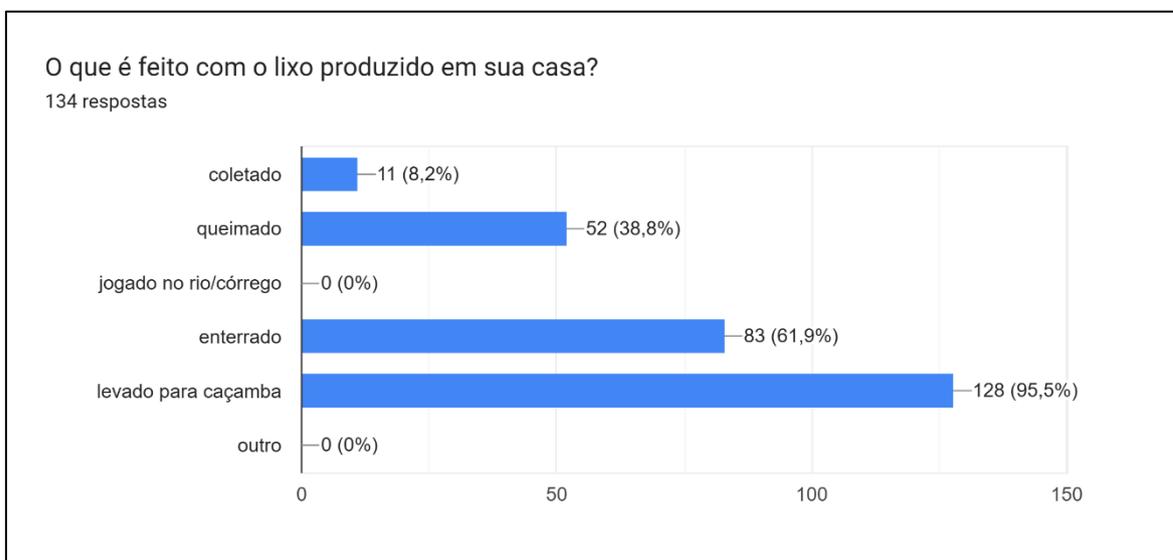
Gráfico 28 - Propriedades rurais de Engenheiro Coelho que utilizam lixeira para armazenamento do lixo.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Ainda de acordo com os dados obtidos por meio do Questionário, observa-se que 128 propriedades encaminham seus resíduos até a caçamba, 52 propriedades adotam a prática de queima dos resíduos, 83 fazem o enterramento e apenas 11 propriedades têm a coleta realizada, de acordo com o gráfico a seguir.

Gráfico 29 - Diferentes finalidades do RDO nas propriedades rurais de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

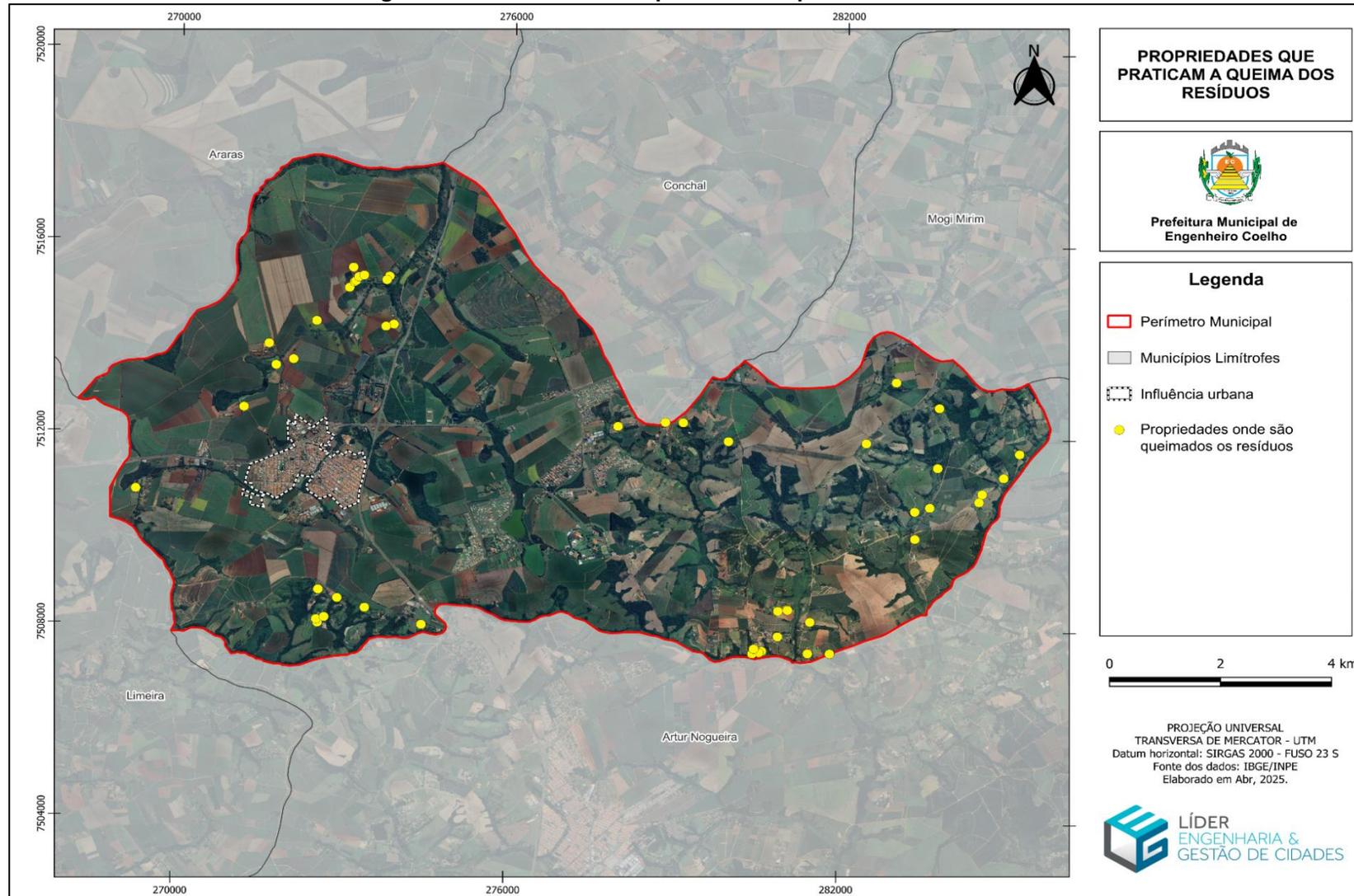
A Figura 59 estabelece uma correlação entre as propriedades que não possuem coleta de resíduos sólidos e as que destinam seus resíduos por meio da queima, conforme as respostas obtidas nos questionários aplicados. Em muitos



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 59 - Locais onde são praticadas a queima dos resíduos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

3.3.2. Resíduos de Atividades Agrícolas e Pecuárias

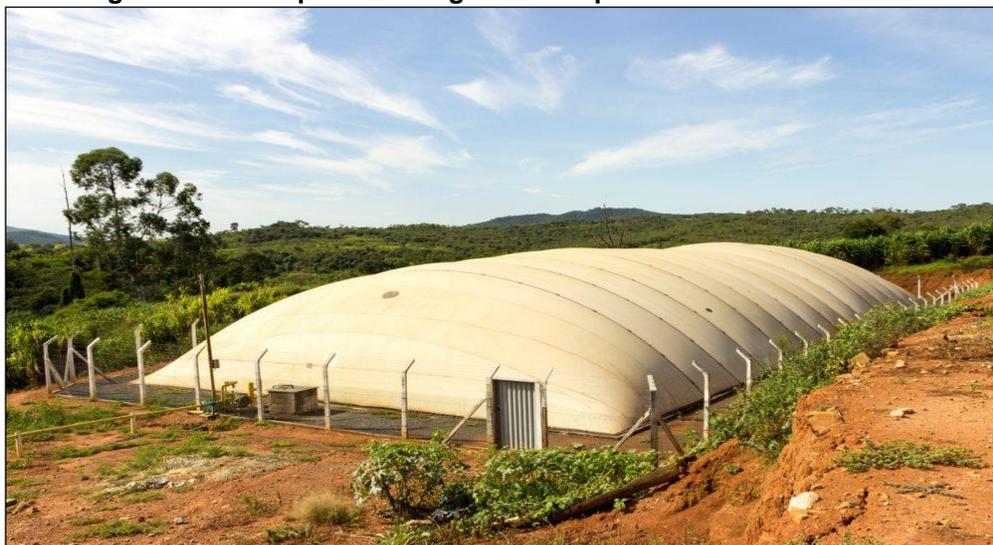
A gestão eficiente dos resíduos agrícolas e pecuários é essencial para promover a sustentabilidade no meio rural. Os resíduos agrícolas, como restos de colheitas e palhada, podem ser valiosos para a agricultura quando devidamente manejados, e a compostagem se destaca como uma prática eficiente. Por meio 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 a seguir 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 60 - Exemplo de biodigestor do tipo batelada em área rural.



Fonte: Elevagro, 2022.



No que diz respeito aos resíduos das embalagens de agrotóxicos, outro aspecto importante no Estado de São Paulo 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.

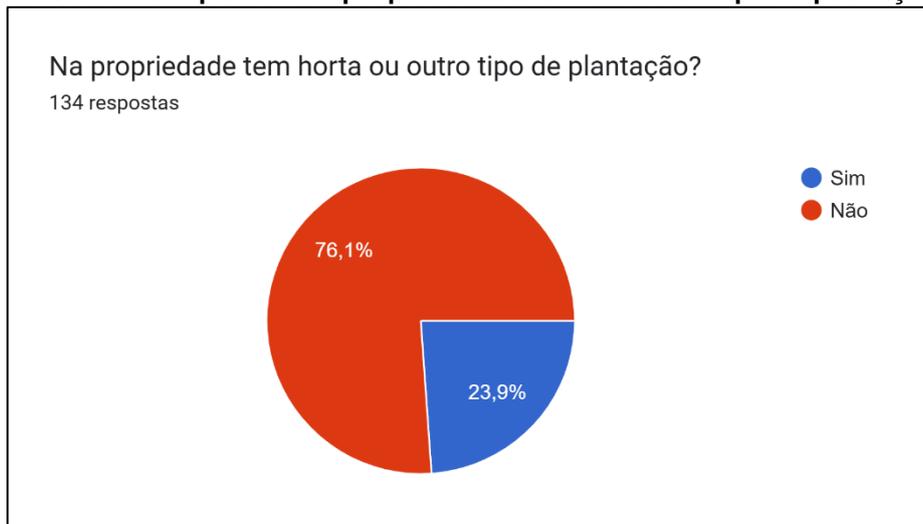
A Lei Estadual nº 17.054, de 6 de maio de 2019, determina que os usuários de agrotóxicos devem devolver as embalagens vazias em locais indicados e credenciados pelo estabelecimento comercial ou indicados na nota fiscal, no prazo máximo de 1 (um) ano a partir da data de aquisição, ou até 6 (seis) meses após o vencimento da validade do produto, além disso o Decreto Estadual nº 68.107, de 24 de novembro de 2023, regulamenta essa lei e especifica que as empresas comerciantes de agrotóxicos são responsáveis pelo recebimento das embalagens vazias dos produtos que comercializam, podendo credenciar Unidades de Recebimento de Embalagens Vazias (UREVs) para esse fim.

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.

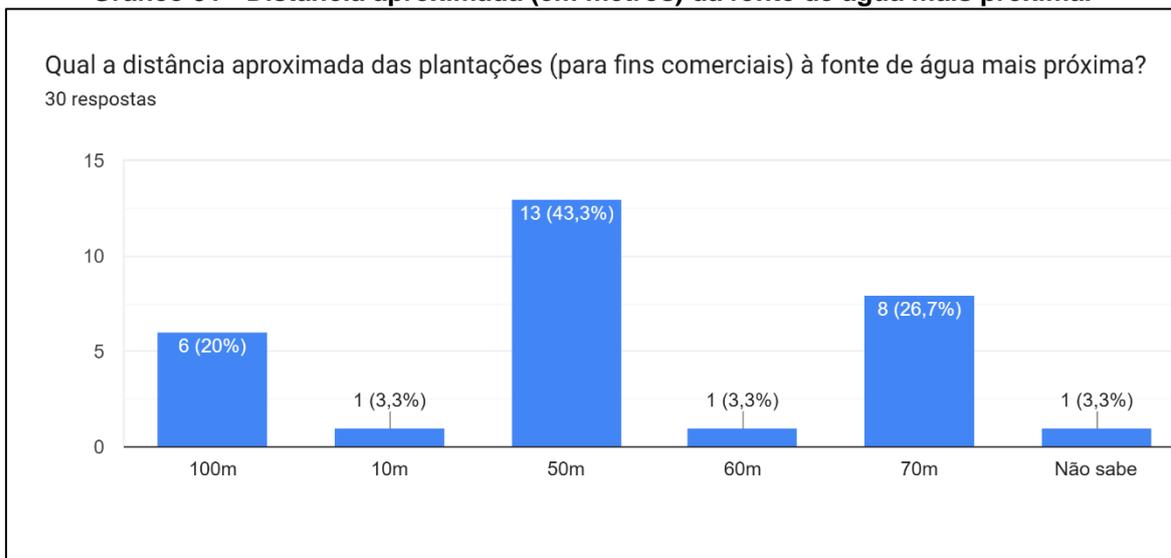
Por fim, de acordo com os resultados dos questionários aplicados, das 134 propriedades visitadas, apenas 32 afirmaram possuir algum tipo de horta ou plantação em suas residências, onde na maioria dos casos, o proprietário disse estar a mais de 50 metros de distância da fonte de abastecimento de água mais próxima. Estes resultados estão expostos nos gráficos a seguir.

Gráfico 30 - Propriedades que possuem hortas ou outro tipo de plantação.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

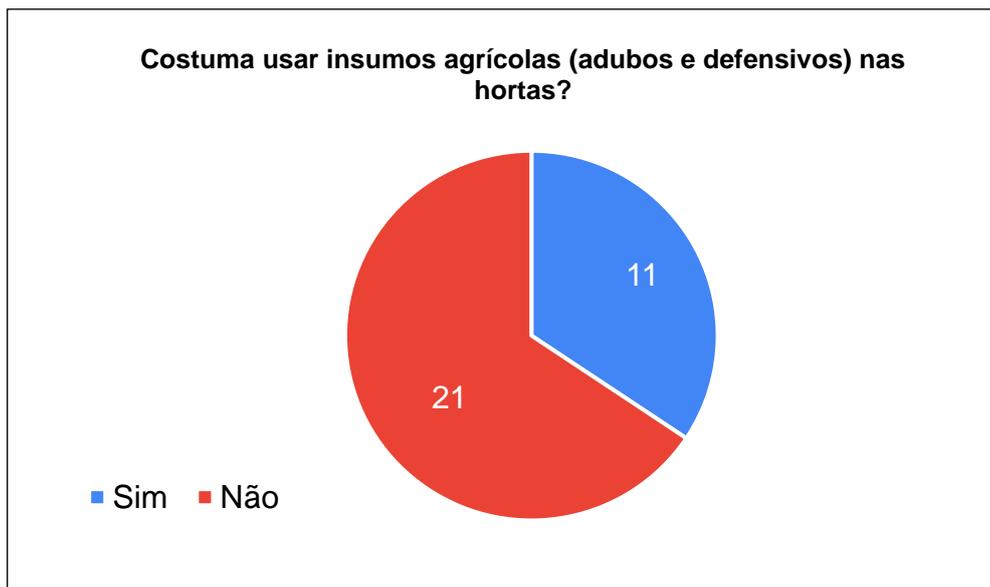
Gráfico 31 - Distância aproximada (em metros) da fonte de água mais próxima.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Já no gráfico a seguir é evidenciado que, das 32 propriedades que possuem algum tipo de plantação, apenas 11 costumam usar insumos agrícolas como adubos ou defensivos em suas hortas, representando cerca de 34%. Esses resultados evidenciam a importância de uma estrutura adequada para o recolhimento e descarte seguro das embalagens de produtos agrícolas, além da conscientização sobre o uso de defensivos agrícolas e agrotóxicos nocivos à saúde humana e com potencial de contaminação de água e solo.

Gráfico 32 - Propriedades que utilizam insumos agrícolas em Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

3.3.3. Resíduos da Construção Civil

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).

Em Engenheiro Coelho, 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 Complementar nº 29/2022, 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:

Responsabilidades dos geradores: Os geradores de resíduos são responsáveis pelo descarte adequado e pelo uso dos equipamentos disponibilizados para a captação disciplinada dos resíduos da construção civil ou volumosos gerados, devendo, em especial:

- Respeitar o limite de volume da caçamba ou container.
- Acondicionar resíduos de acordo com a identificação de conteúdo da caçamba ou container.
- Utilizar exclusivamente os serviços de remoção de transportadores licenciados pelo Poder Público Municipal.
- Responsabilidades dos transportadores: Os transportadores de resíduos devem:
 - Estar devidamente autorizados pelo Município de Engenheiro Coelho.
 - Transportar os resíduos de acordo com a identificação de conteúdo da caçamba ou container.
 - Respeitar o limite de volume da caçamba ou container estacionário.
 - Não despejar resíduos em locais proibidos ou não licenciados.
 - Zelar pela manutenção da limpeza das vias públicas durante o transporte de resíduos.
 - Portar o obrigatório documento de Controle de Transporte de Resíduos (CTR) devidamente preenchido.

Destinação dos resíduos: Os resíduos da construção civil devem ser destinados às áreas de recepção, visando à sua triagem, reutilização, reciclagem ou destinação mais adequada. É proibido dispor esses resíduos em áreas de bota-fora, encostas, corpos d'água, lotes vagos, passeios, logradouros, áreas e vias públicas e em áreas protegidas por lei.



Taxa de recepção: O terreno público destinado à recepção, manejo e depósito de resíduos de construção civil será a Central de Tratamento de Resíduos (CTR), localizado ao lado do Condomínio Céu Azul. Fica instituída a taxa de cobrança de preços públicos pela recepção e depósito de volumes de resíduos da construção civil em áreas públicas de 01 (uma) UFESP vigente por metro cúbico.

Sanções administrativas: O descumprimento das disposições estabelecidas na lei e nas normas dela decorrentes constitui infração administrativa, sujeita a penalidades como advertência, multa e outras sanções cabíveis.

Além da legislação, a Prefeitura de Engenheiro Coelho realiza ações para o manejo adequado dos resíduos da construção civil. Em março de 2023, foi iniciado o serviço de trituração desses resíduos no terreno do antigo aterro do município. O material triturado é utilizado principalmente na manutenção das estradas rurais, contribuindo para a conservação das vias e a redução do impacto ambiental.

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%).

Em Engenheiro Coelho, é estabelecida a Lei nº 874/2013 que institui o Programa de Coleta Seletiva de lixo no Município, ademais, segundo o Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico de Engenheiro Coelho, a população é responsável por levar os resíduos recicláveis aos postos de entrega voluntária, sendo a Prefeitura Municipal a responsável pela comercialização dos materiais.

Conforme exposto nos gráficos a seguir, 87 das 134 propriedades afirmaram ter conhecimento sobre o que é a coleta seletiva (64,9%). No entanto, apenas 24 propriedades de fato estão realizando a coleta seletiva, o que representa uma porção de cerca de 28%, dentre os entrevistados que têm o conhecimento desta coleta, onde em grande parte dos casos, o morador destina os materiais aos PEVs ou na própria cidade. Esses dados evidenciam a necessidade de expandir a cobertura e a conscientização sobre a importância da coleta seletiva na área rural.

Gráfico 33 - Coleta Seletiva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

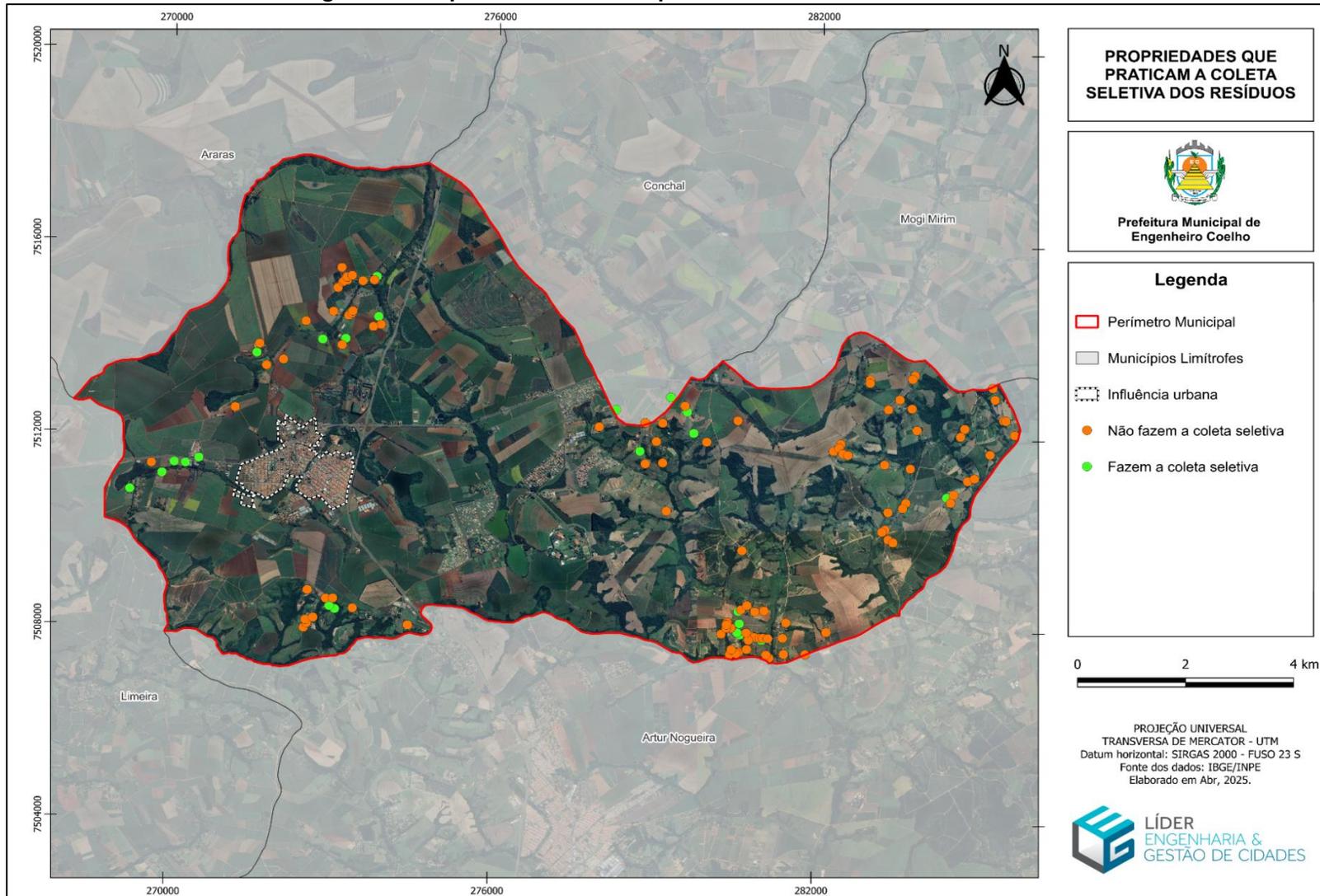
A partir dos dados apresentados, é possível observar que, embora a coleta seletiva seja um programa reconhecido pela população rural de Engenheiro Coelho,



ainda há um longo caminho a percorrer para sua plena implementação. Um número considerável de propriedades não participa efetivamente desse processo.

O mapa a seguir apresenta a localização das propriedades rurais que aderem ou não à coleta seletiva no município de Engenheiro Coelho, conforme identificado na pesquisa de campo. A representação tem como objetivo subsidiar a elaboração de estratégias para ampliar a adesão ao serviço, considerando a divisão dos grupos utilizados na aplicação dos questionários e a delimitação dos bairros rurais, estabelecida com base nas microbacias hidrográficas do município.

Figura 61 - Mapa das localidades que aderem ou não à coleta seletiva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



3.3.6. 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 Engenheiro Coelho, os quais embasarão as soluções propostas no Prognóstico.

- Baixo número de caçambas para o acondicionamento de resíduos sólidos domiciliares;
- Deficiência na cobertura da coleta de resíduos domiciliares na área rural;
- Baixa adesão da coleta seletiva na área rural;
- 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.

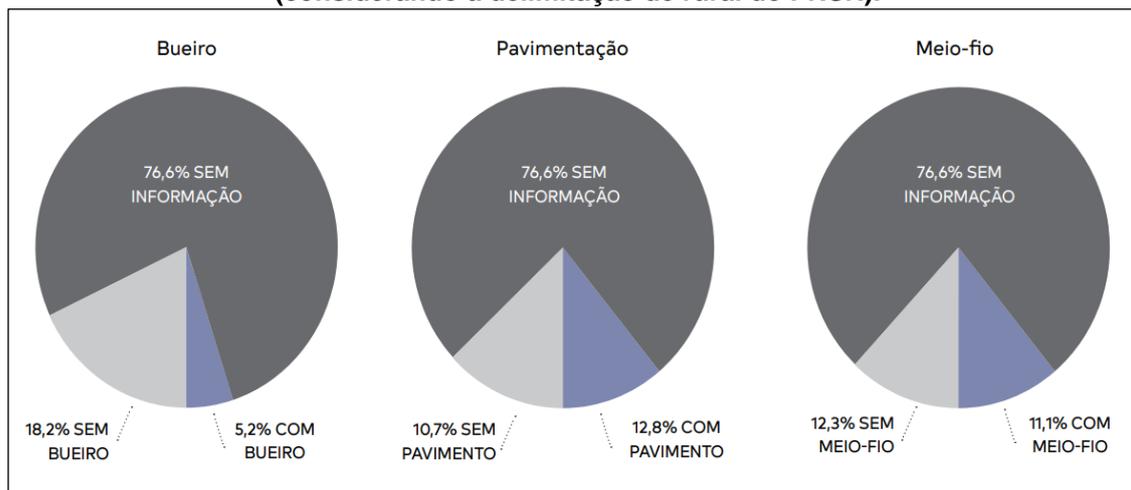
Além disso, uma gestão eficiente da drenagem rural é fundamental para preservar os recursos hídricos, essenciais tanto para a produção agrícola quanto para a manutenção dos ecossistemas locais. Ao avaliar e otimizar os sistemas de drenagem na zona rural, é possível reduzir os riscos de doenças relacionadas 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 figura a seguir ilustra essa realidade.

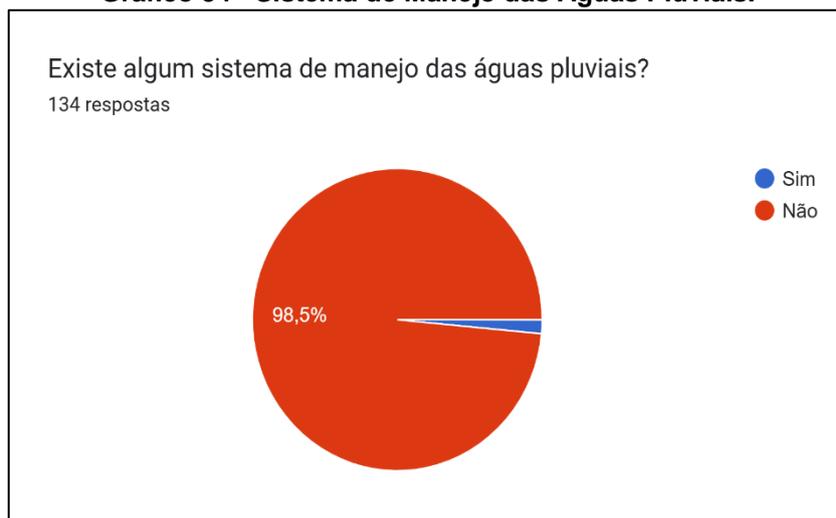
Figura 62 - Situação dos imóveis rurais em relação ao eixo de drenagem das águas pluviais (considerando a delimitação de rural do PNSR).



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.

De acordo com a pesquisa aplicada na zona rural de Engenheiro Coelho, e conforme demonstrado no gráfico a seguir, apenas 2 propriedades afirmaram possuir algum tipo de sistema de manejo das águas pluviais, dentre as 134 que foram entrevistadas, sendo em ambas o uso de calhas e cisternas para captação da água de chuva. Isso evidencia a necessidade de implementação e melhorias nas infraestruturas de drenagem na zona rural, visando não apenas o conforto e a segurança das propriedades, mas também a preservação ambiental e a qualidade dos recursos hídricos.

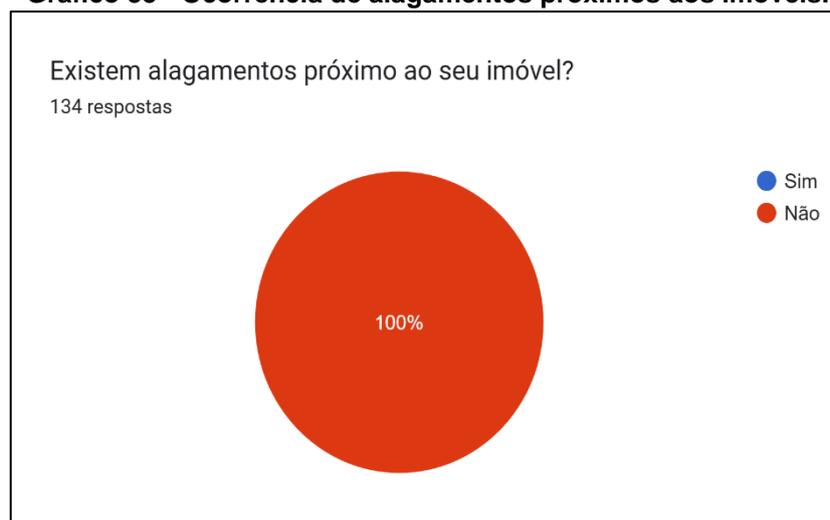
Gráfico 34 - Sistema de Manejo das Águas Pluviais.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Embora tenha sido constatado um uso bastante limitado de dispositivos específicos para o manejo das águas pluviais nas propriedades rurais visitadas, 100% dos entrevistados relataram não enfrentar problemas recorrentes de alagamento nas proximidades de seus imóveis. Foram mencionados apenas alguns episódios pontuais de alagamentos ocorridos no passado, os quais, segundo os moradores, não se repetem com frequência atualmente, indicando que tais eventos não constituem uma preocupação cotidiana para as propriedades entrevistadas.

Gráfico 35 - Ocorrência de alagamentos próximos aos imóveis.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



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 Engenheiro Coelho e cálculos de intensidade de chuvas.

De face com o exposto acima, o estudo hidrológico tem por objetivo determinar as bacias hidrográficas predominantes na área rural do município de Engenheiro Coelho, 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 Engenheiro Coelho, foi realizada a partir do MDE (Modelo Digital de Elevação) disponibilizado pelo projeto TOPODATA, formado por colaboração com o INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 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.

Com o intuito de realizar o estudo de drenagem das águas pluviais das microbacias rurais de Engenheiro Coelho, delimitaram-se as microbacias que possuem influência direta na zona rural do Município, sendo aquelas utilizadas para a identificação das localidades rurais durante a aplicação dos questionários (Guaiquica, Correias e Mato Dentro).

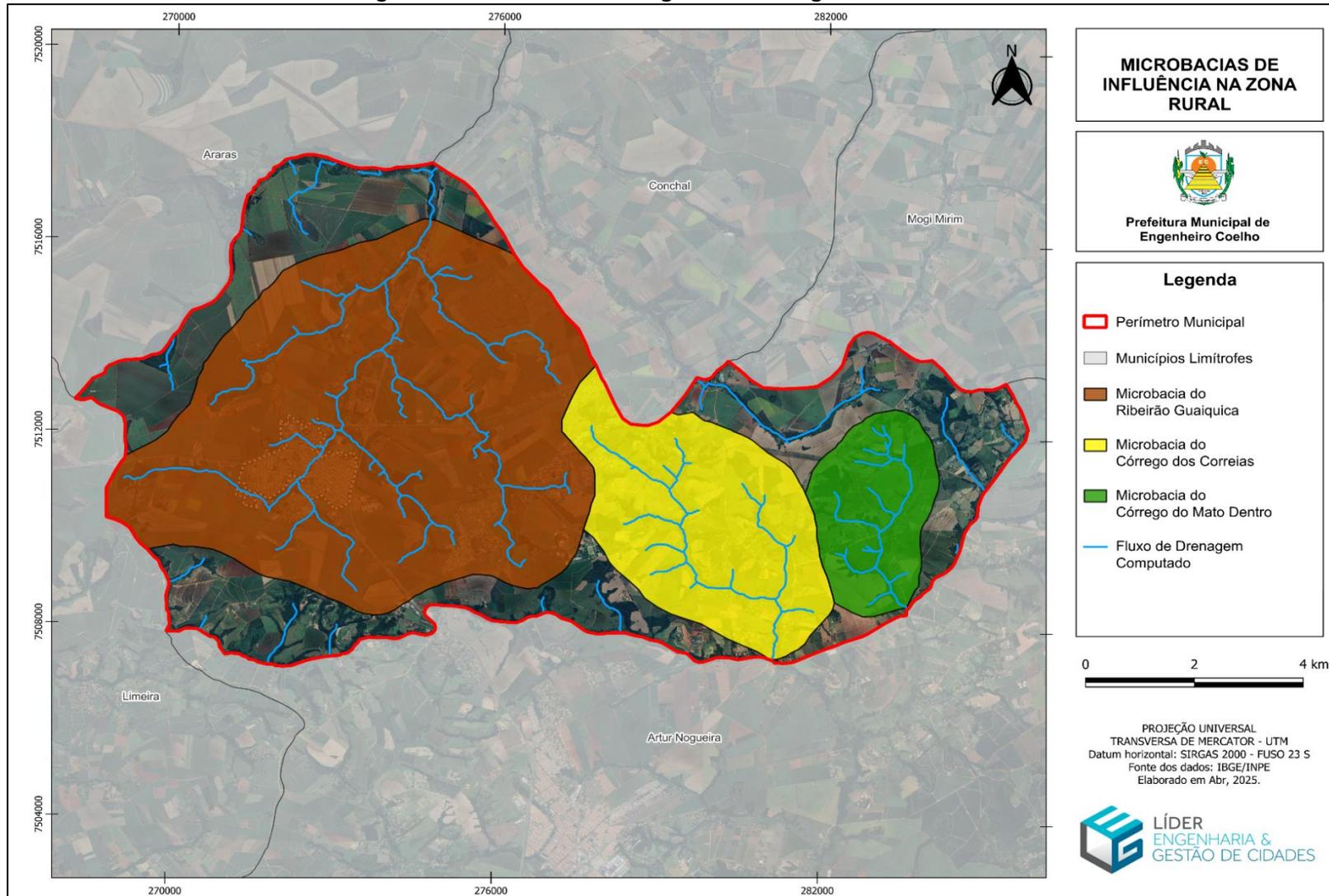
Para delimitação das microbacias hidrográficas utilizou-se o software *Arc Hydro Tools*, uma extensão do software: *ESRI® Arc Map™ 10.5*. Nos próximos tópicos segue a análise detalhada para cada uma das microbacias identificadas.



A partir de processamentos do MDE da área correspondente ao perímetro municipal, 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 Engenheiro Coelho.

Figura 63 - Microbacias hidrográficas de Engenheiro Coelho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

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.

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, conforme é exposto na tabela a seguir.

Tabela 10 - Hierarquia do fluxo de drenagem computado.

Hierarquia Fluvial			
Microbacias	Ordem	Quantidade	Extensão (km)
Microbacia 1	Primária	19	25,20
	Secundária	6	12,17
	Terciária	2	5,08
	Quaternária	1	1,00
Microbacia 2	Primária	14	8,14
	Secundária	2	6,59
	Terciária	1	1,40
	Quaternária	-	-
Microbacia 3	Primária	10	5,80
	Secundária	2	3,67
	Terciária	1	1,07
	Quaternária	-	-

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



Posteriormente deu-se procedência nas análises de aspectos lineares, areais e hipsométricos.

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:

$$\mathbf{Gcp = Hcp / Lcp}$$

Sendo:

Gcp = Gradiente do canal principal (m/km);

Hcp = Altura do canal principal (m);

Lcp = Comprimento do canal principal (km).

Este gradiente, também, pode ser expresso em porcentagem:

$$\mathbf{(\%) - Gcp = Hcp / Lcp * 100}$$



• Extensão do percurso superficial (km/km²) - Eps

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

$$Eps = (1 / 2) * Dd$$

Sendo:

Eps = Extensão do percurso superficial (km/km²);

1 = constante;

2 = constante;

Dd = Valor da densidade de drenagem (km/km²).

Análise Areal

Na análise areal das bacias hidrográficas, estão englobados vários índices, nos quais, intervêm medições planimétricas, além de medições lineares. Podemos incluir os seguintes índices:

• Comprimento da bacia (km) – Lb

É calculado, através da medição de uma linha reta traçada ao longo do rio principal, desde sua foz até o ponto divisor da bacia.

• Coeficiente de compacidade da bacia - Kc

É a relação entre o perímetro da bacia e a raiz quadrada da área da bacia. Este coeficiente determina a distribuição do deflúvio, ao longo dos cursos d'água, e é em parte responsável pelas características das enchentes, ou seja, quanto mais próximo do índice de referência, que designa uma bacia de forma circular, mais sujeita a enchentes, será a bacia. É obtido pela fórmula:

$$Kc = 0,28 * P / \sqrt{A}$$



Kc = Coeficiente de compacidade;

P = Perímetro da bacia (km);

A = Área da bacia (km²).

Sendo:

Índice de referência – 1,0 = forma circular.

Índice de referência – 1,8 = forma alongada.

Pelos índices de referência, 1,0 indica que a forma da bacia é circular e 1,8 indica que a forma da bacia é alongada. Quanto mais próximo de 1,0 for o valor deste coeficiente, mais acentuada será a tendência para maiores enchentes. Isto porque, em bacias circulares, o escoamento será mais rápido, pois a bacia descarregará seu deflúvio direto com maior rapidez, produzindo picos de enchente de maiores magnitudes. Já nas bacias alongadas, o escoamento será mais lento e a capacidade de armazenamento maior.

• **Densidade hidrográfica (rios/km²) - Dh o Dh = Densidade hidrográfica;**

N1 = Número de rios de 1^a ordem;

A = Área da bacia (km²).

É a relação entre o número de segmentos de 1^a ordem e a área da bacia. É obtida pela fórmula:

Dh = N1 / A, sendo:

Canali (1986) define três categorias de densidade hidrográfica:

Dh baixa – menos de 5 rios/km²;

Dh média – de 5 a 20 rios/km²;

Dh alta – mais de 20 rios/km².



• **Densidade de drenagem (km/km²) - Dd o Dd = Densidade de drenagem;**

Lt = Comprimento dos canais (km);

A = Área da bacia (km²).

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

$$Dd = Lt/A$$

Segundo Villela & Mattos (1975), o índice varia de 0,5 km/km², para bacias com pouca capacidade de drenagem, até 3,5 km/km² ou mais, para bacias, excepcionalmente, bem drenadas.

Análise Hipsométrica

• **Altura da bacia (m) - Hb**

É a diferença altimétrica entre o ponto mais elevado da bacia (crista) e o ponto mais baixo (foz).

Foram analisados os parâmetros lineares, areais e hipsométricos das microbacias de influência na zona rural de Engenheiro Coelho, cujos dados estão expostos na tabela a seguir.



Tabela 11 – Dados extraídos das microbacias.

Informações Analisadas		
	Parâmetros	Valor
Microbacia do Ribeirão Guaiquica	Área da bacia - A (km ²)	49,90
	Perímetro da bacia - P (km)	27,98
	Comprimento do canal principal - Lcp (km)	9,75
	Altura do canal principal - Hcp (m)	60
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	6,15
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (km/km ²)	0,45
	Comprimento da bacia - Lb (km)	8,29
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,11
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/km ²)	0,38
	Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	0,90
	Altura da bacia - Hb (m)	64
Microbacia do Córrego dos Correias	Área da bacia - A (km ²)	17,11
	Perímetro da bacia - P (km)	17,84
	Comprimento do canal principal - Lcp (km)	7,14
	Altura do canal principal - Hcp (m)	61
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	8,54
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/km ²)	0,48
	Comprimento da bacia - Lb (km)	6,73
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,21
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/km ²)	0,82
	Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	0,96
	Altura da bacia - Hb (m)	101
Microbacia do Córrego do Mato Dentro	Área da bacia - A (km ²)	7,63
	Perímetro da bacia - P (km)	10,93
	Comprimento do canal principal - Lcp (km)	4,69
	Altura do canal principal - Hcp (m)	82
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	17,48
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/km ²)	0,75
	Comprimento da bacia - Lb (km)	4,08
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,11
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/km ²)	1,31
	Densidade de drenagem - Dd (km/km ²)	1,50
	Altura da bacia - Hb (m)	130

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



A microbacia do Ribeirão Guaiquica, com maior área de drenagem (49,9 km²), tende a concentrar maior volume de escoamento, porém apresenta menor densidade de drenagem, o que pode indicar uma menor eficiência no escoamento superficial. A bacia dos Correias, com 17,11 km², apresenta características intermediárias, tanto em área quanto nos parâmetros de drenagem. Já a microbacia do Córrego Mato Dentro, embora seja a menor (7,63 km²), apresentou a maior densidade de drenagem (1,50 km/km²), o que indica maior capacidade de escoamento superficial e melhor organização da rede de drenagem.

O fator de compactidade (KC), próximo de 1 nas três bacias, revela que todas possuem formato tendendo ao circular, o que implica em maior rapidez no escoamento superficial e maior potencial de geração de picos de vazão. Esse comportamento pode aumentar o risco de eventos de cheia localizados, especialmente em áreas sem vegetação ciliar ou com uso intensivo do solo.

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 a seguir apresenta os valores referentes ao Tempo de Concentração (T_c) para as microbacias rurais de Engenheiro Coelho.

Tabela 12 - Tempo de Concentração para as microbacias rurais de Engenheiro Coelho.

Microbacias	L (Km)	ΔH (m)	T_c (min)	T_c (h)
Guaiquica	9,75	60	163,53	2,73
Correias	7,14	61	113,38	1,89
Mato Dentro	4,69	82	62,27	1,04

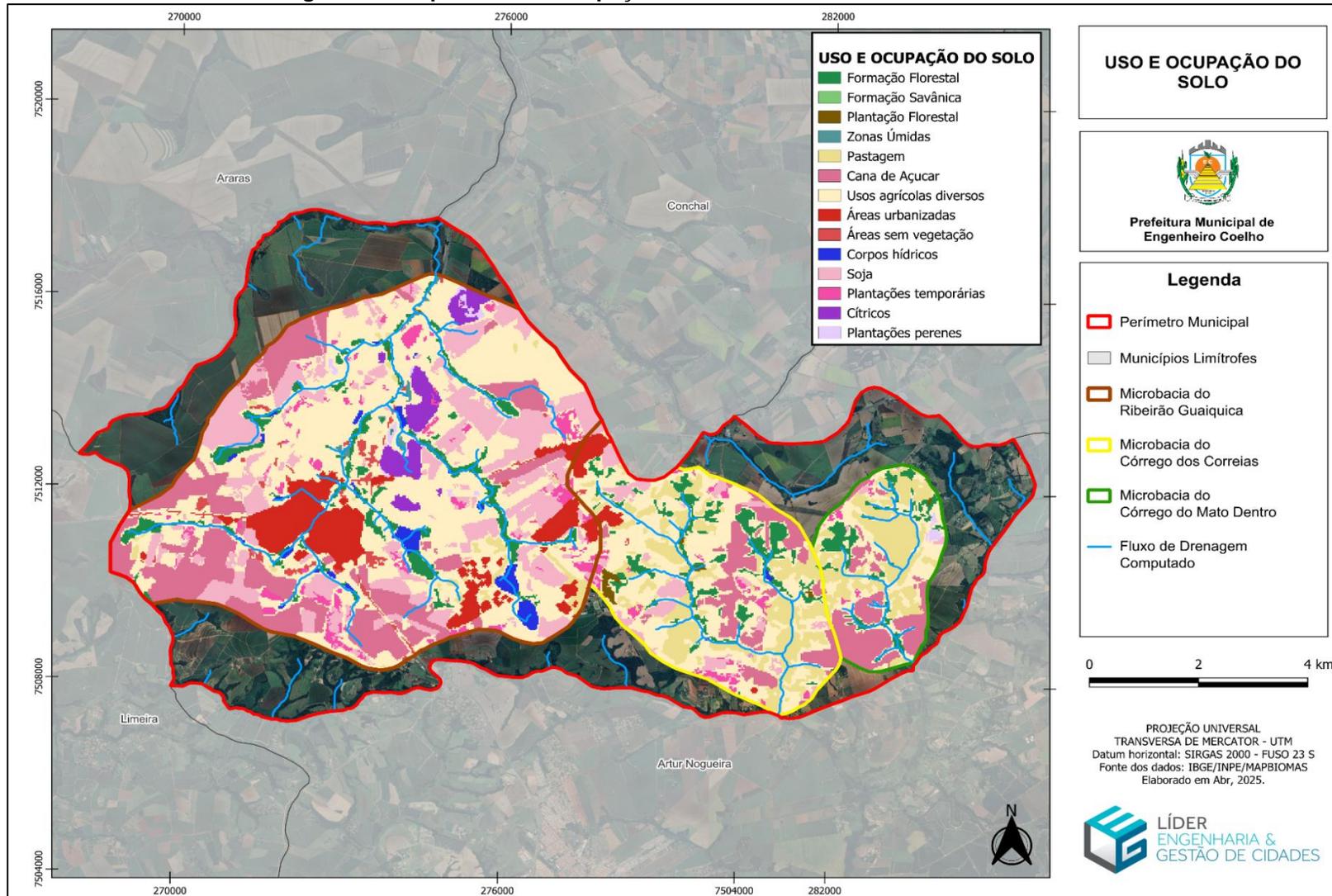
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

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 Engenheiro Coelho, sendo a imagem obtida pelo projeto TOPODATA, que apresenta resolução espacial de 30 metros.

A classificação do uso e ocupação do solo nas microbacias identificadas na zona rural de Engenheiro Coelho foi realizada com base nos dados disponibilizados pelo MapBiomas, uma iniciativa colaborativa que mapeia anualmente a cobertura e uso da terra no Brasil, permitindo o monitoramento contínuo das mudanças no território. A distribuição das classes de uso do solo para cada microbacia está representada no mapa a seguir.

Figura 64 - Mapa de uso e ocupação do solo nas microbacias identificadas.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



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. Em ordem crescente de capacidade de infiltração, as classes são as seguintes:

- Áreas urbanizadas;
- Solo Exposto;
- Agricultura / Vegetação rasteira;
- Vegetação Densa;

Na tabela a seguir são elencadas as respectivas classes e a área composta em cada uma das microbacias identificadas, com intuito de se analisar a capacidade de infiltração em cada uma delas.

Tabela 13 – Área (em km²) de cada classe identificada nas microbacias.

Microbacias	Vegetação Densa	Agricultura / Veg. rasteira	Solo Exposto	Áreas Urbanizadas
Guaiquica	3,43	41,18	1,38	3,9
Correias	1,79	11,12	3,93	0,47
Mato Dentro	0,77	4,32	2,53	-

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

A análise do uso e ocupação do solo nas microbacias da zona rural de Engenheiro Coelho evidenciou a predominância de áreas cobertas por vegetação rasteira ou utilizadas para atividades agrícolas, classes que, em geral, apresentam uma capacidade intermediária de infiltração da água no solo. Essa característica influencia diretamente o comportamento hidrológico das bacias, contribuindo para uma redução moderada do escoamento superficial.

Por outro lado, observou-se que as microbacias do Córrego Guaiquica e dos Correias apresentam uma proporção significativa de áreas urbanizadas e de solos expostos, classes que possuem baixa capacidade de infiltração e favorecem o escoamento superficial acelerado. Essa ocupação mais intensiva pode aumentar o



risco de erosão, assoreamento e ocorrência de picos de vazão durante eventos de chuva mais intensos.

De modo geral, verificou-se que as Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo dos cursos d'água estão, na maioria dos casos, bem vegetadas, o que contribui para a proteção dos recursos hídricos e para a estabilização das margens. Tal observação foi confirmada por meio das visitas de campo e pelos relatos obtidos nos questionários aplicados junto aos moradores. Algumas exceções pontuais foram registradas, mas não comprometem significativamente a condição geral de preservação das faixas marginais.

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.

Para este trabalho, foram utilizados os estudos feitos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Naturais (CPRM), vinculado ao Ministério de Minas e Energia, conhecido como Atlas Pluviométrico do Brasil

No caso do município de Engenheiro Coelho, será utilizada a equação de chuvas intensas desenvolvida para o município de Artur Nogueira através da série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set) da estação Artur Nogueira, códigos 02247100 (ANA) e D4-099 (DAEE). A equação utilizada para representar a intensidade da chuva é do tipo:

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d}$$

sendo:

i: intensidade da chuva, em mm/h;

t: duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos;

a, b, c, d são parâmetros da equação.



$$a = 1796,9; b = 0,1502 ; c = 14,9 \text{ e } d = 0,8763$$

A tabela abaixo mostra as chuvas intensas calculadas para os diferentes tempos de retorno em cada microbacia identificada.

Tabela 14 - Valores da Equação de intensidade da chuva.

Bacia	Tc (min)	Intensidade para Diferentes TR (mm/h)			
		5 anos	10 anos	50 anos	100 anos
Microbacia do Guaiquica	163,53	24,4	27,0	34,4	38,2
Microbacia dos Correias	113,38	32,52	36,09	45,95	51,00
Microbacia do Mato Dentro	62,27	50,76	56,33	71,74	79,61

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

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 maiores que 2,0 km².

O método é usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo. A fórmula a seguir, apresenta a forma de calcular a vazão de pico pelo Método Racional:

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

sendo:

Q – Vazão de pico (m³/s);

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

C – Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A – área de drenagem da bacia (km²).

Os valores do coeficiente “C”, no Método Racional, referem-se ao coeficiente de escoamento superficial, que é convencionado de acordo com as características fisiográficas das 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 km² ou 200 ha, como já citado, e que não disponham de série histórica de dados fluviométricos. Para bacias hidrográficas com áreas acima deste valor, existem outros métodos mais indicados, como o Método I-PAI-WU, sendo este que será utilizado neste estudo.

Método I-PAI-WU

O método I-Pai-Wu é definido pela seguinte expressão:

$$Q = 0,278.C.I.A*0,9.K$$

Em que:

Q = vazão (m³/s);

C = coeficiente de deflúvio;

I = intensidade de precipitação (mm/h);

A = área da bacia (km²);

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:

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

$$C1 = 4 / 2 + F$$

sendo:

A = Área da bacia contribuinte (km²) 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:

$$Ff = B/L$$

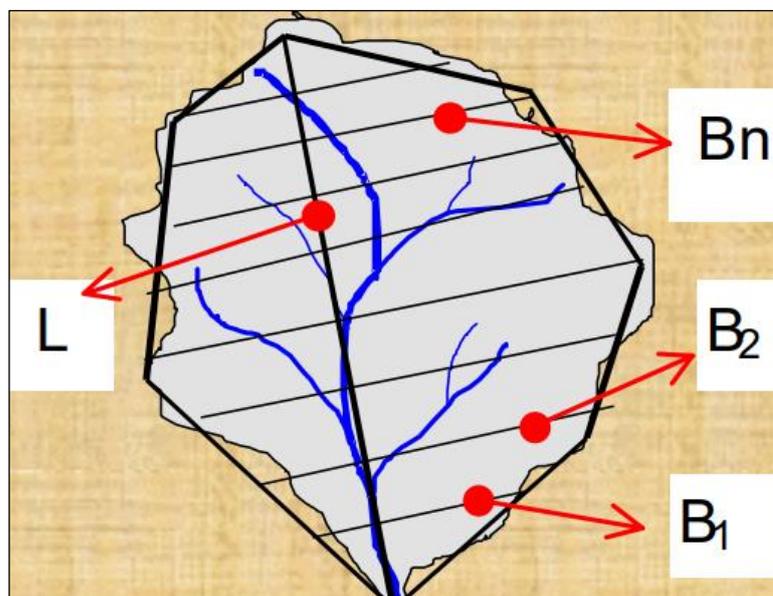
sendo:

L: comprimento da bacia

B: largura média, obtida pela fórmula:

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

Figura 65 - Determinação da largura média da bacia.



Fonte: Hidromundo, 2020.

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 15.

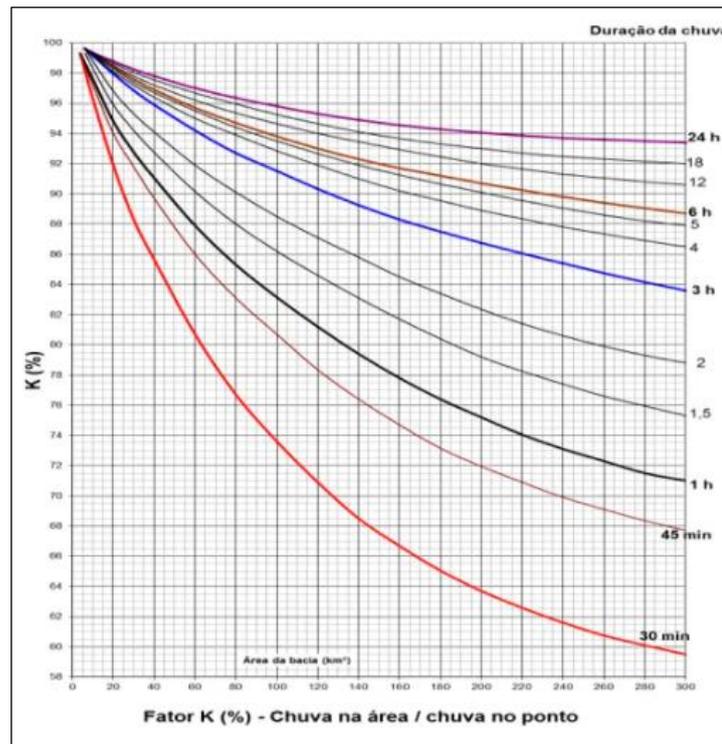
Tabela 15 - Valores para determinação de C2.

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.

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



Fonte: Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de I-Pai-Wu, 1999.

Neste sentido, a Tabela 16 a seguir demonstra as vazões estimadas pelo Método I-PAI-WU para as três microbacias identificadas.

Tabela 16 - Vazões para diferentes Tempos de Retorno pelo Método I-PAI-WU.

Microbacia	Vazão de Projeto Método I-PAI-WU (m ³ /s)			
	5 Anos	10 Anos	50 Anos	100 Anos
1	60,06	66,46	84,67	94,03
2	26,01	28,86	36,74	40,78
3	16,74	18,57	23,65	26,25

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

3.4.3. Drenagem das Águas Pluviais Associada às Estradas Rurais

A inadequação no manejo das águas pluviais em estradas rurais pode gerar 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, são utilizados muitas vezes cascalhos em algumas áreas das estradas. A aplicação desse material ajuda a estabilizar a superfície e a reduzir a formação de buracos, criando uma camada protetora contra o impacto direto da água da chuva, além de ser uma ação de baixo custo.

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 67 – Exemplo de erosão em estrada rural.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Figura 68 – Exemplo de pedras utilizadas para o melhoramento da via.



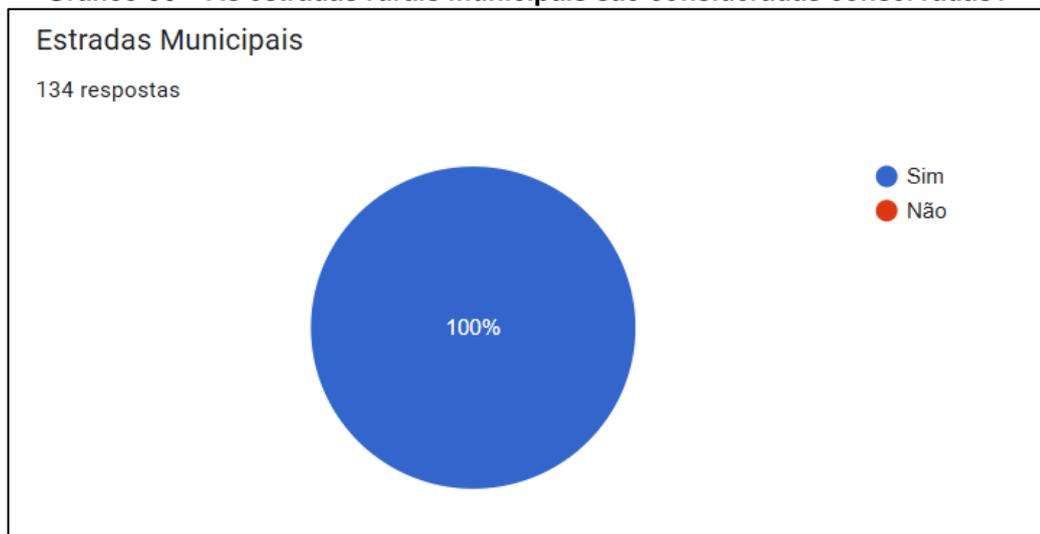
Fonte: Pedreira Jaguary, 2020.

De acordo com os resultados obtidos por meio dos questionários aplicados, a população rural de Engenheiro Coelho não relatou a ocorrência recorrente de processos erosivos nas estradas rurais. As observações registradas pelos moradores indicam que as estradas de responsabilidade municipal, em sua maioria, encontram-se em bom estado de conservação, resultado de manutenções recentes realizadas pelo poder público, o que tem contribuído para a adequada trafegabilidade e redução de impactos relacionados à erosão.

Entretanto, foi identificado que as estradas de uso particular, utilizadas como acesso às propriedades e cuja manutenção é de responsabilidade dos próprios proprietários, apresentam maior incidência de problemas, especialmente durante o período chuvoso. Entre os principais relatos estão a formação de buracos, sulcos e pequenas erosões, ocasionadas pela ausência de infraestrutura adequada para o escoamento das águas pluviais e pela falta de manutenção regular.

Os dados levantados fornecem subsídios importantes para o planejamento de ações de manejo e conservação do solo em áreas de circulação rural, e seus resultados estão sintetizados nos gráficos apresentados a seguir, os quais detalham a percepção dos moradores quanto ao estado de conservação das vias, diferenciando entre estradas municipais, particulares e de servidão.

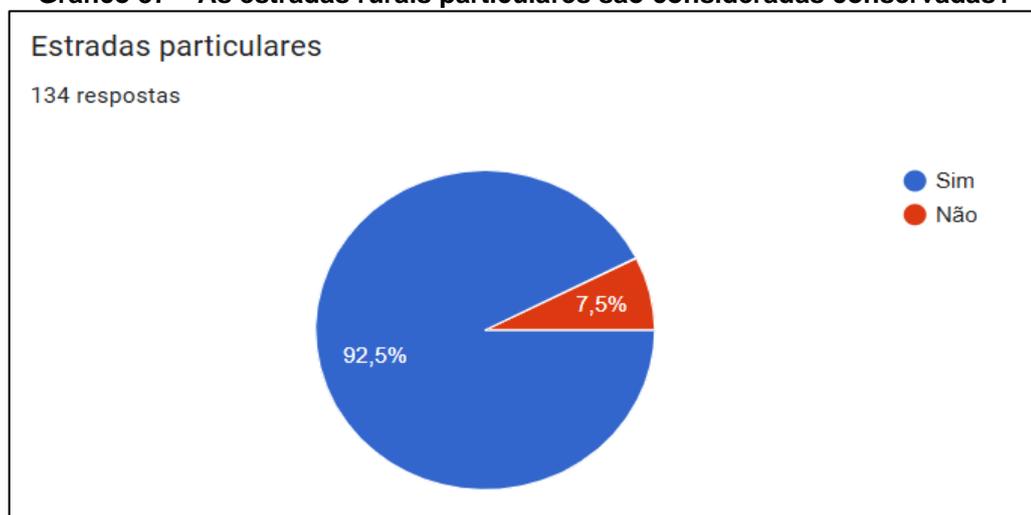
Gráfico 36 – As estradas rurais municipais são consideradas conservadas?



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

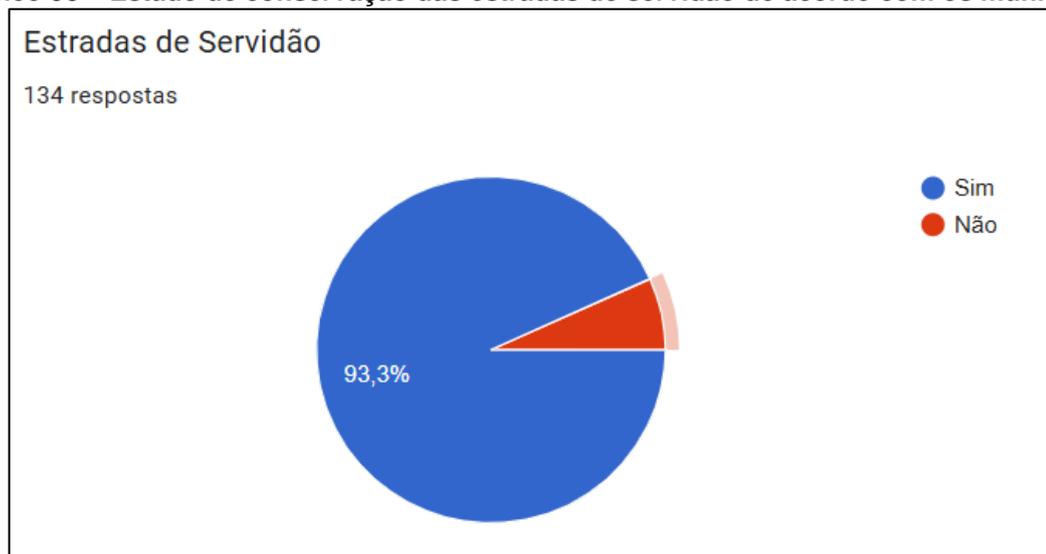
O questionamento também foi dividido para as estradas particulares e as de servidão. Desse modo, descobriu-se que 10 propriedades rurais amostradas consideram que as estradas particulares não estão conservadas e 09 propriedades apontaram que as de servidão não são conservadas.

Gráfico 37 – As estradas rurais particulares são consideradas conservadas?



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 38 – Estado de conservação das estradas de servidão de acordo com os municípios.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

3.4.4. Sistema de Aproveitamento das 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.

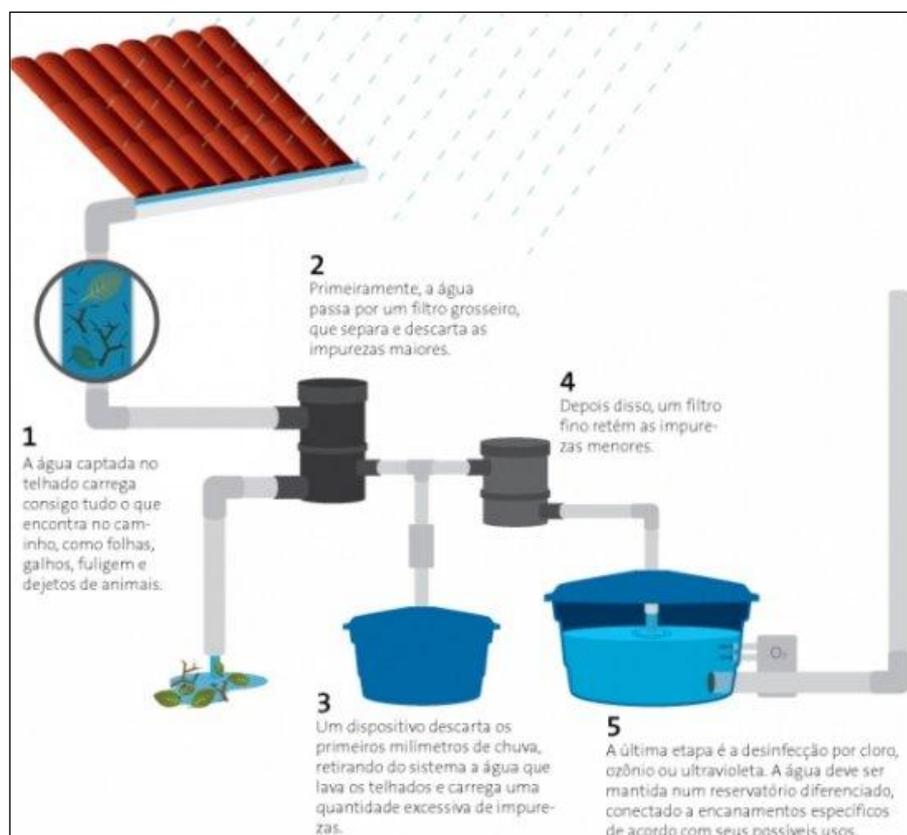
Além disso, o Programa Cisternas visa promover práticas sustentáveis por meio da implementação de tecnologias sociais simples e de baixo custo. Essas tecnologias incluem a instalação de cisternas para captação de água de chuva, beneficiando

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 69 - Modelo esquemático de telhado coletor de águas pluviais.



Fonte: Fonseca e Menezes Filho, 2019.

Figura 70 - Cisterna de superfície para armazenamento de águas pluviais.



Fonte: Comissão de Meio Ambiente – CMA, 2019.

Figura 71 – Sistema de irrigação de culturas agrícolas por gotejamento utilizando águas pluviais.



Fonte: Klaus Bernardino, 2021.

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 os resultados da pesquisa de campo, 32 das 134 propriedades rurais (cerca de 25%) 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.

3.4.5. 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).

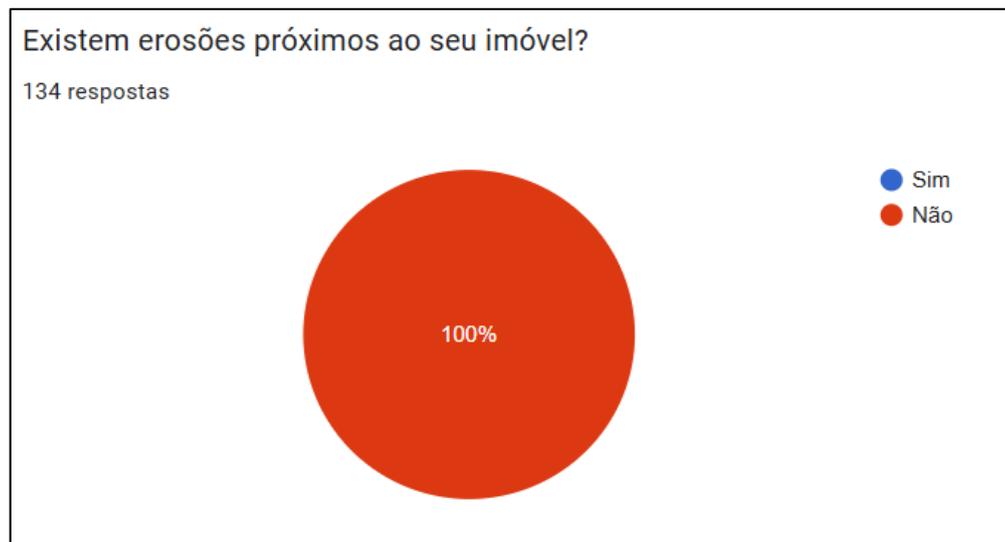
Esses agentes agem na superfície terrestre quebrando as partículas de solo dispersando-as para regiões diferentes dos locais de origem, sendo que esse processo pode ser acelerado pela ação antrópica por meio de práticas de uso e manejos inapropriados.

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 à zona rural de Engenheiro Coelho, de acordo com informações do Questionário aplicado, nenhuma propriedade identificou pontos de erosões próximos aos seus imóveis, como exposto pelo Gráfico 39, em muitos desses casos, o entrevistado ressaltou que os processos erosivos já ocorreram no passado em períodos chuvosos, mas que não é uma realidade recorrente nos dias atuais.

Gráfico 39 - Identificação de pontos de erosão próximos às propriedades rurais.



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 72 - 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 73.

Figura 73 - 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 Engenheiro Coelho, 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.



3.4.6. 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 Engenheiro Coelho, os quais embasarão as soluções propostas no Prognóstico.

- Ausência de dispositivos estruturais específicos para o manejo das águas pluviais na maioria das propriedades;
- Predomínio de soluções naturais de drenagem, com pouca ou nenhuma intervenção técnica;
- Dependência de características naturais do solo e da vegetação para a infiltração da água;
- Potencial risco de erosão em estradas particulares, principalmente em períodos chuvosos.



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 Engenheiro Coelho.

Tabela 17 – Dados da campanha.

Dado	Quantidade
Imóveis previamente selecionados	169
Questionários aplicados	134
Taxa de Adesão	79,3%

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 Engenheiro Coelho, 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 Engenheiro Coelho aponta um cenário de evolução, indicando que há uma expectativa de aumento populacional nessas áreas. Portanto, a prioridade deve ser melhorar os pontos de captação existentes, garantindo que funcionem de maneira eficiente e segura, conforme o aumento da demanda. 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 Engenheiro Coelho.

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 SINISA, foi utilizada para complementar os dados referentes as propriedades rurais do município de Engenheiro Coelho 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 SINISA, vale ressaltar que na projeção populacional proposta, foi utilizado o método aritmético, este que baseia-se em uma estimativa de crescimento constante ao longo do tempo, com uma taxa de crescimento fixa para projetar a população futura.

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);

K_1 = Coeficiente de Consumo máximo Diário;

$Q_{méd}$ = Vazão Média.

Para o estudo em questão adotou-se k_1 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:

$$C = CPC / \left(1 - \left(\frac{IPD}{100}\right)\right)$$

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 Engenheiro Coelho em um horizonte de vinte anos, utilizando os dados disponibilizados pelo DAEE e a média de



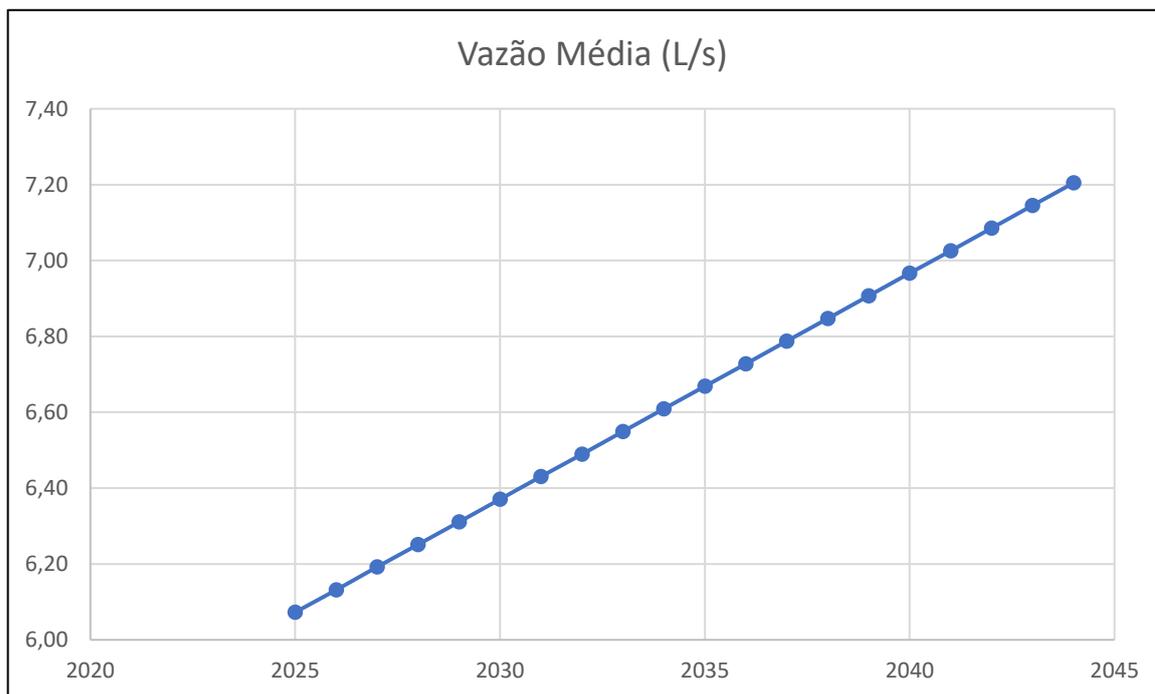
consumo de água por habitante no país, disponibilizado pelo SINISA, juntamente com a curva de demanda de água ao longo deste período.

Tabela 18 - 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 (m ³)
2025	5.148	6,07	7,29	629,62
2026	5.198	6,13	7,36	635,74
2027	5.249	6,19	7,43	641,97
2028	5.299	6,25	7,50	648,13
2029	5.350	6,31	7,57	654,31
2030	5.400	6,37	7,64	660,48
2031	5.451	6,43	7,72	666,66
2032	5.501	6,49	7,79	672,84
2033	5.552	6,55	7,86	679,01
2034	5.602	6,61	7,93	685,19
2035	5.653	6,67	8,00	691,36
2036	5.703	6,73	8,07	697,54
2037	5.754	6,79	8,14	703,72
2038	5.804	6,85	8,22	709,89
2039	5.855	6,91	8,29	716,07
2040	5.905	6,97	8,36	722,25
2041	5.956	7,03	8,43	728,42
2042	6.006	7,09	8,50	734,60
2043	6.057	7,14	8,57	740,77
2044	6.107	7,20	8,65	746,95

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 40 - 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 Engenheiro Coelho, observa-se uma tendência de aumento na demanda hídrica ao longo dos anos.

4.2.1. Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada

Para a área rural de Engenheiro Coelho, propõem-se uma adequação dos pontos de captação superficial e subterrânea, através de projetos básicos de proteção, como cercamentos e sinalização dos sistemas de reservação existentes nas propriedades, sejam elas compartilhadas ou não, além de medidas que garantam uma análise da qualidade das águas que chegam para o consumo dos moradores da área rural do município e métodos seguros de tratamento e preservação.

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. Experiências de Sucesso em Saneamento Rural: Exemplos e Boas Práticas de Outros Municípios – Sistema de Abastecimento de Água

A busca por soluções eficientes no saneamento rural é um desafio para muitos municípios, especialmente devido à dispersão populacional e às particularidades geográficas. Entretanto, algumas cidades brasileiras têm se destacado na implementação de modelos inovadores e eficazes, que podem servir de inspiração para outras regiões (FUNASA, 2020).

Marechal Cândido Rondon - PR

Um caso de destaque é o município de Marechal Cândido Rondon, localizado no oeste paranaense, que se tornou referência em abastecimento de água para a população rural. O Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município opera sob um modelo de gestão comunitária dirigida por uma autarquia municipal, atendendo a 100% da população rural, composta por aproximadamente 7,6 mil habitantes, por meio de 41 sistemas de abastecimento de água e 1.799 ligações (FUNASA, 2020).

Em 2018, com a aprovação da Lei Municipal nº 5.099, houve uma importante alteração na legislação de saneamento rural anterior (Lei nº 4.244). Essa mudança instituiu o “Programa de Incentivo aos Sistemas Rurais”, que oferece às associações comunitárias um desconto de até 50% nos serviços de análise de água e na manutenção dos equipamentos de cloração. Esse programa tem o objetivo de garantir a qualidade e o tratamento adequado da água distribuída às comunidades rurais (FUNASA, 2020).

Para acessar esses benefícios, as associações comunitárias devem cumprir alguns requisitos estabelecidos pela autarquia. Entre eles, estão: (i) a obrigatoriedade de realizar a cloração das fontes de abastecimento de acordo com as portarias do Ministério da Saúde; (ii) a atualização contínua do cadastro da diretoria da associação; e (iii) o envio mensal ao SAAE do volume de água medido, tanto por micro como por macromedição (FUNASA, 2020).

De acordo com a Assemae (2017), a universalização do abastecimento de água na área rural foi alcançada com a implantação de 41 sistemas denominados Solução Alternativa Coletiva (SAC). Esses sistemas são compostos por captação (normalmente por poços subterrâneos), tratamento simplificado, reservatórios, redes

de distribuição e hidrômetros. A instalação desses sistemas coletivos permitiu que os moradores abandonassem soluções individuais, como minas e poços (FUNASA, 2020).

Os SACs utilizam fontes de captação de água de excelente qualidade, como poços profundos e minas com água de classe especial, permitindo que o tratamento da água seja simplificado, com foco na desinfecção (FUNASA, 2020).

Figura 74 - Exemplo de SAC e reservatório de distribuição na zona rural de Marechal Cândido Rondon/PR.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Extrema - MG

Outro caso de bastante destaque no Brasil é no município de Extrema/MG, onde há o Projeto Conservador das Águas, concebido no ano de 2005 através da Lei municipal nº 2.100, com o objetivo de manter a qualidade dos mananciais de Extrema e promover a adequação ambiental das propriedades rurais.

O projeto representa uma das primeiras iniciativas municipais brasileiras estruturadas sob o conceito de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), com o objetivo de promover a conservação dos recursos hídricos por meio da restauração e preservação de ecossistemas naturais.

A estratégia adotada pela Prefeitura de Extrema, por meio da Secretaria de Meio Ambiente, consistiu em incentivar proprietários rurais a adotarem práticas de manejo conservacionista em suas propriedades, como a restauração de Áreas de



Preservação Permanente (APPs), proteção de nascentes, implantação de cercas para isolamento de áreas sensíveis, terraceamento e construção de bacias de contenção. Em contrapartida, os produtores rurais recebem incentivos financeiros proporcionais à extensão e à qualidade das ações realizadas, dentro de metas pactuadas contratualmente.

O programa tem como área de atuação a bacia do rio Jaguari, um dos formadores do Sistema Cantareira, responsável por parte significativa do abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo. No entanto, além dos benefícios regionais e estratégicos em larga escala, o projeto contribuiu de forma direta para a melhoria da oferta de água em comunidades rurais do próprio município, ao recuperar nascentes, regularizar a vazão de córregos intermitentes e ampliar a disponibilidade de água em pequenas propriedades agrícolas.

Em relação ao saneamento rural, destaca-se que o acesso regular à água de boa qualidade em propriedades dispersas e muitas vezes isoladas é um dos maiores desafios enfrentados por municípios de pequeno porte. Nesse contexto, o Conservador das Águas se mostra um modelo eficaz de política pública que atua na base do problema: a manutenção e recuperação dos ecossistemas responsáveis pela produção de água. Essa abordagem preventiva evita a necessidade de soluções tecnológicas de maior custo e complexidade, que muitas vezes não se mostram viáveis em comunidades rurais dispersas.

Além da conservação ambiental, o projeto também contribuiu, de forma indireta, para a estruturação de sistemas simplificados de abastecimento de água nas áreas rurais de Extrema. Com a regularização da vazão dos cursos d'água e a preservação de nascentes, foi possível garantir maior estabilidade hídrica para captações diretas e pequenos sistemas de distribuição, muitas vezes operados por associações de moradores ou sob regime comunitário. Assim, o projeto fortalece os princípios da gestão descentralizada, participativa e sustentável do saneamento rural, promovendo a segurança hídrica das populações do campo.

Entre os resultados alcançados, destacam-se a recuperação de centenas de nascentes, o plantio de milhões de mudas nativas e o envolvimento de mais de 300 produtores rurais, além da replicação do modelo em diversos outros municípios brasileiros. O sucesso do Conservador das Águas demonstra a viabilidade de integrar políticas ambientais e de saneamento básico rural em uma estratégia única, eficaz e



de baixo custo relativo, com impactos positivos duradouros para o abastecimento de água, a saúde pública e a conservação dos recursos naturais.



4.2.3. 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 Engenheiro Coelho foram elencados em tabelas sínteses, de acordo com seu setor e objetivo.

4.1.1.1. Objetivo 1 – Implementar Medidas de Proteção para Nascentes e Garantir a Segurança Hídrica.

A captação de água das nascentes sem a devida proteção pode se tornar uma preocupação crescente em diversas propriedades rurais de Engenheiro Coelho, levando em consideração os resultados obtidos na aplicação dos questionários in loco. 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.

De acordo com os questionários aplicados, cujos resultados foram apresentados na etapa de diagnóstico, cerca de 10% das propriedades entrevistadas e que são abastecidas por nascentes afirmaram estar com as mesmas em condições ruins, com necessidade de reparos e revegetação, ademais, apenas 7,7% utilizam de caixas de alvenaria para a proteção. Ademais, em relação as propriedades que utilizam de poços subterrâneos, cerca de 13,5% afirmaram não possuir proteção por tampa na abertura do poço, além de uma baixa adesão de processos de tratamento, desinfecção e análise da qualidade da água.

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 vegetações lindeiras 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 da autarquia atuante no município 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, bem como a fiscalização dos serviços prestados pelo Poder Público Municipal.

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 Engenheiro Coelho, promovendo a saúde pública.



Tabela 19 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA				
OBJETIVO	1	IMPLEMENTAR MEDIDAS DE PROTEÇÃO PARA POÇOS E NASCENTES E GARANTIR A SEGURANÇA HÍDRICA				
FUNDAMENTAÇÃO	Na área rural de Engenheiro Coelho, é essencial promover a adequação dos pontos de captação de águas superficiais e subterrâneas, com o intuito de minimizar os riscos de contaminação. A exposição desses locais a agentes como animais, matéria orgânica e solos comprometidos os torna particularmente vulneráveis. A situação é agravada pela escassez de cobertura vegetal no entorno das nascentes, o que compromete ainda mais a proteção natural das fontes. As intervenções propostas visam não apenas atender às exigências das legislações ambientais vigentes, mas também assegurar a qualidade da água ofertada, contribuindo para 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 15 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 15 metros de distância de qualquer ponto de captação de água.	-	-	-	RP	-



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto IX e X – Versão Final do PMSR e Validação
Engenheiro Coelho - SP



1.1.2	Adequação e manutenção dos poços de captação que 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\$ 20.250,00	-	-	RP - FPU	Preço médio de tampa de concreto (R\$289,85 + material de construção + mão de obra) * 18 propriedades + 50% de variações (preço médio por caixa construída de R\$750,00) – SINAPI
1.1.3	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\$ 7.287,00				Custo unitário de Caixa hidráulica com alvenaria – SINAPI * 36 propriedades
1.1.4	Disponibilizar orientação técnica especializada para os proprietários rurais.	-	-	-	RP	-
1.1.5	Implantar um programa de monitoramento contínuo para avaliar a qualidade da água nas propriedades.	-	-	-	RP	-
1.1.6	Criar políticas públicas que reforcem a proteção das nascentes e criem mecanismos mais eficazes para a fiscalização contínua das captações de água.	-	-	-	RP	-
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 27.537,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 27.537,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



Tabela 20 - Tabela SINAPI para a construção de paredes de proteção ao redor dos poços e caixa de alvenaria para proteção das nascentes.

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	M ²	18	750,00	13.500,00
1.4.2	SINAPI	97900	CAIXA ENTERRADA HIDRÁULICA RETANGULAR EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, DIMENSÕES INTERNAS 0,3 X 0,3 X 0,3 m	M ³	36	202,42	7.287,00

Fonte: Tabela SINAPI, 2025.



4.1.1.2. Objetivo 2 – 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. 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 artesianos 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 2, 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 21 - Tabela Síntese do Objetivo 3.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - 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	Em Engenheiro Coelho, não foram observadas situações críticas de fontes de abastecimento próximas a pontos de contaminação, como fossas rudimentares ou em locais de aplicação de defensivos agrícolas, entretanto foi observada uma baixa adesão dos proprietários em realizar o tratamento ou a análise da qualidade das águas consumidas. 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.
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 50.000,00	R\$40.000,00	R\$120.000,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 210.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

4.2.4. Análise Econômica

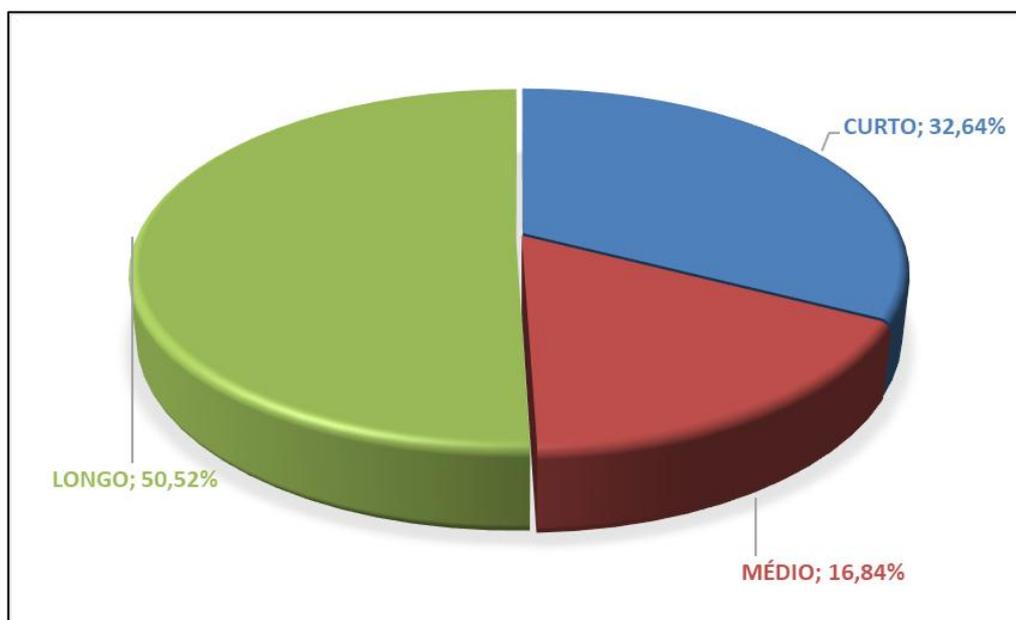
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 22 - Análise de Investimentos nos Sistemas de Abastecimento de Água.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - 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\$ 27.537,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 27.537,00	
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	
TOTAL	R\$77.537,00	R\$40.000,00	R\$120.000,00	R\$237.537,00	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 41 - Investimentos por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



4.3. Sistema de Esgotamento Sanitário

O município de Engenheiro Coelho, 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 Engenheiro Coelho esta também é uma situação recorrente. De acordo com os levantamentos realizados em campo e apresentados no Produto 4, uma grande parcela dos sistemas individuais nas propriedades rurais se dá 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 nº 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 Engenheiro Coelho com a previsão para os próximos vinte anos.

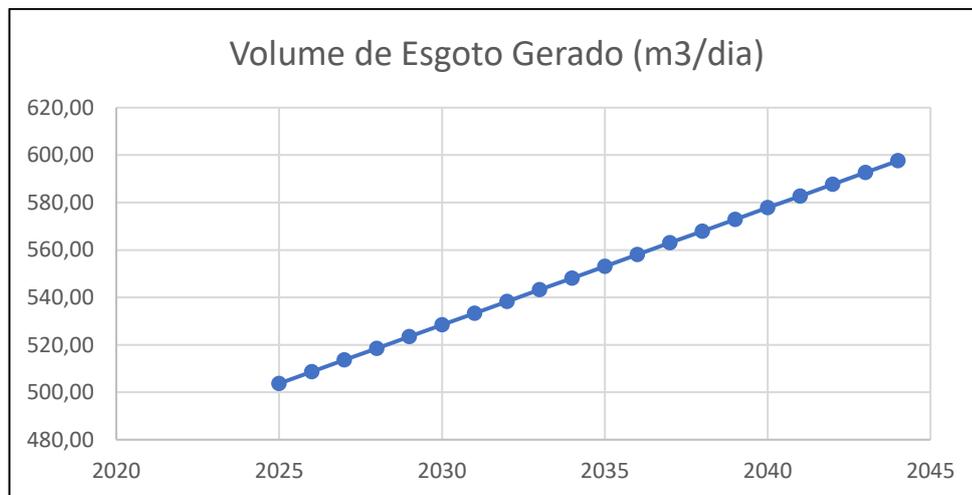


Tabela 23 - Projeção da geração de esgoto nas propriedades rurais.

Ano	População rural	Volume de água para consumo (m ³ /dia)	Volume de esgoto gerado (m ³ /dia)
2025	5.148	629,62	503,70
2026	5.198	635,74	508,59
2027	5.249	641,97	513,58
2028	5.299	648,13	518,50
2029	5.350	654,31	523,44
2030	5.400	660,48	528,39
2031	5.451	666,66	533,33
2032	5.501	672,84	538,27
2033	5.552	679,01	543,21
2034	5.602	685,19	548,15
2035	5.653	691,36	553,09
2036	5.703	697,54	558,03
2037	5.754	703,72	562,97
2038	5.804	709,89	567,91
2039	5.855	716,07	572,86
2040	5.905	722,25	577,80
2041	5.956	728,42	582,74
2042	6.006	734,60	587,68
2043	6.057	740,77	592,62
2044	6.107	746,95	597,56

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 42 - Volume diário de esgoto gerado na área rural de Engenheiro Coelho.



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 Engenheiro Coelho um pequeno aumento de aproximadamente 18% nas estimativas de geração de esgoto ao longo do horizonte de 20 anos, alinhado com a tendência projetada de crescimento aritmético da população.

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/km².dia) x área (km²).

Para o cálculo da carga para esgoto doméstico é utilizado a seguinte equação.

$$carga = população . carga\ per\ capita$$

$$carga\left(\frac{kg}{d}\right) = \frac{população(hab) . carga\ per\ capita\left(\frac{g}{hab.\ dia}\right)}{1000\left(\frac{g}{kg}\right)}$$

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

C_e: concentração efluentes do poluente (mg/L).



4.1.1.3. 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_{5,20}.

Os maiores aumentos nos níveis de DBO em corpos d'água costumam 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_{5,20} 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 individual que serão utilizados nas propriedades rurais, como por exemplo os biodigestores, que segundo os modelos disponíveis em mercado, possuem índices de remoção de DBO variando de 70 a 86%.

Tabela 24 - 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	5.148	277,99	55,60
2026	5.198	280,69	56,14
2027	5.249	283,45	56,69
2028	5.299	286,15	57,23
2029	5.350	288,90	57,78
2030	5.400	291,60	58,32
2031	5.451	294,35	58,87

2032	5.501	297,05	59,41
2033	5.552	299,81	59,96
2034	5.602	302,51	60,50
2035	5.653	305,26	61,05
2036	5.703	307,96	61,59
2037	5.754	310,72	62,14
2038	5.804	313,42	62,68
2039	5.855	316,17	63,23
2040	5.905	318,87	63,77
2041	5.956	321,62	64,32
2042	6.006	324,32	64,86
2043	6.057	327,08	65,42
2044	6.107	329,78	65,96

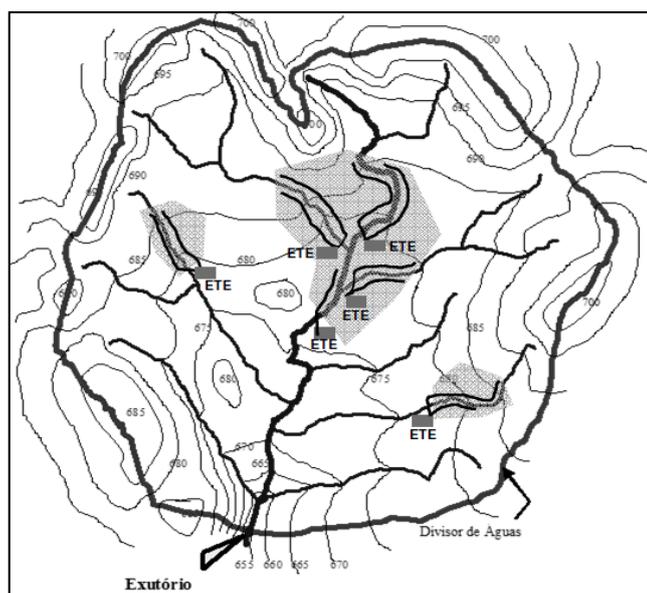
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

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.

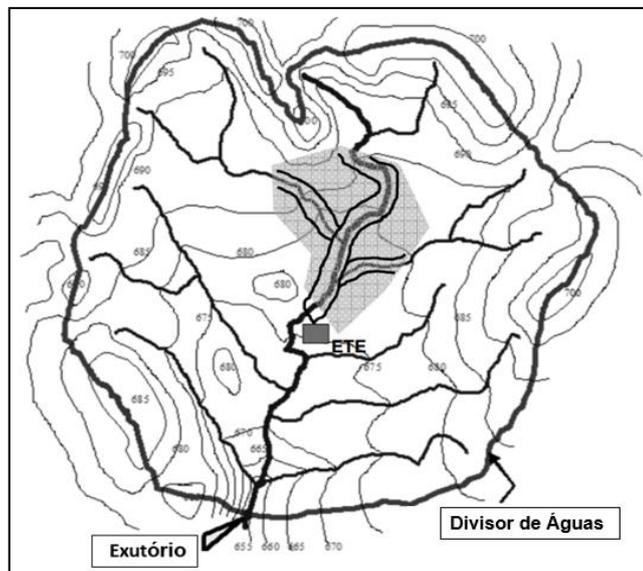
Enquanto, o segundo modelo é o centralizado ou sistema convencional, onde se implanta apenas uma estação de tratamento para receber todo o efluente produzido. Sendo assim, as figuras abaixo mostram estes exemplos.

Figura 75 - Exemplo de Sistema Descentralizado.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

Figura 76 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

No contexto do município de Engenheiro Coelho, 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 Engenheiro Coelho será proposta a continuação das substituições dos sistemas de fossas rudimentares nas propriedades. O Produto 4, mostrou através dos questionários que aproximadamente 40% das propriedades rurais amostradas (52) ainda utilizam de fossas rudimentares para a destinação dos esgotos gerados. Já para os meios adequados de destinação, em 91 propriedades são utilizadas as fossas sépticas e em uma propriedade é feito o tratamento do efluente por biodigestor. Vale ressaltar que em alguns casos, o imóvel possui tanto a fossa rudimentar quanto a fossa séptica, sendo ambas utilizadas simultaneamente.

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 afluyente, vindo os sólidos a se constituir em lodo;
- Digestão anaeróbia e liquefação parcial do lodo;
- Armazenamento do lodo.

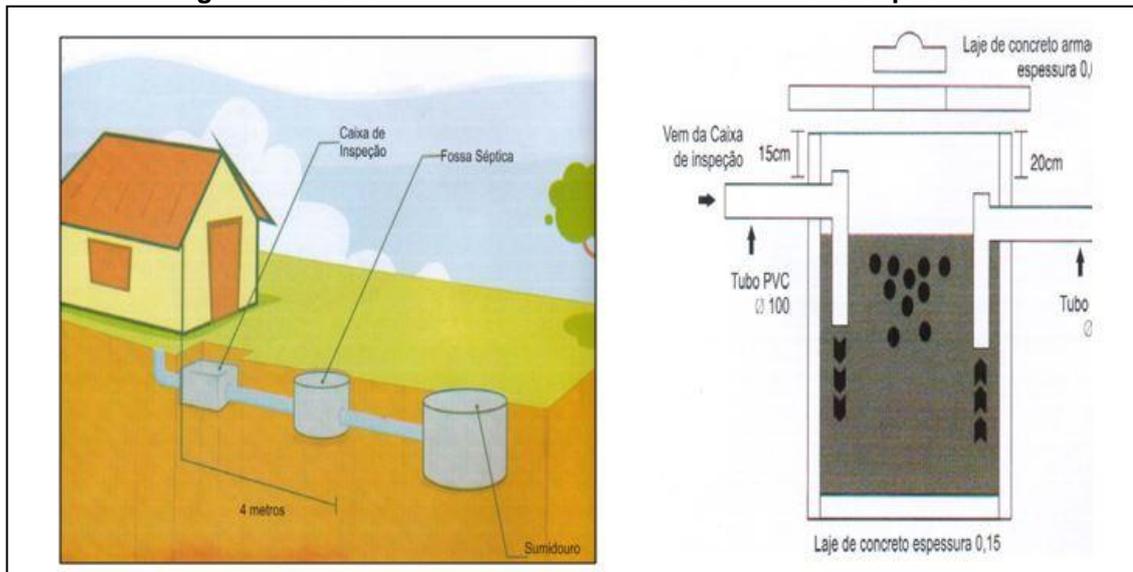
É de fundamental importância para o bom funcionamento dos tanques sépticos, a retirada do lodo em períodos pré-determinados pelo fabricante, no caso de soluções industrializadas.

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 77 - 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 78 - 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.

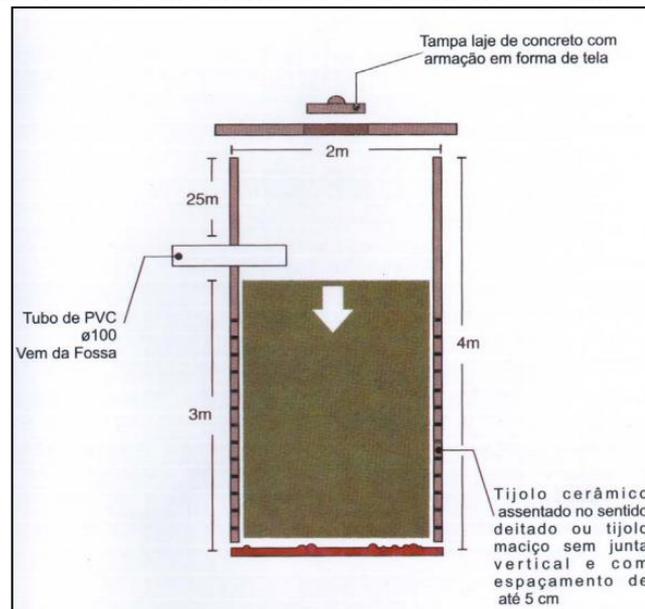
A profundidade do buraco deve ser setenta centímetros maior que a altura final do sumidouro. Isso permite a colocação de uma camada de pedra, no fundo do dispositivo, para infiltração mais rápida no solo e de uma camada de terra, de vinte centímetros, sobre a tampa do sumidouro.

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

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

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

Figura 80 - 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 Engenheiro Coelho, 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 Eliaz 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 m³/m².dia e pode tratar uma carga orgânica de 1 a 2 Kg DBO/m³ 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 do município, 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.



4.1.1.4. 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.



4.1.1.5. 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.

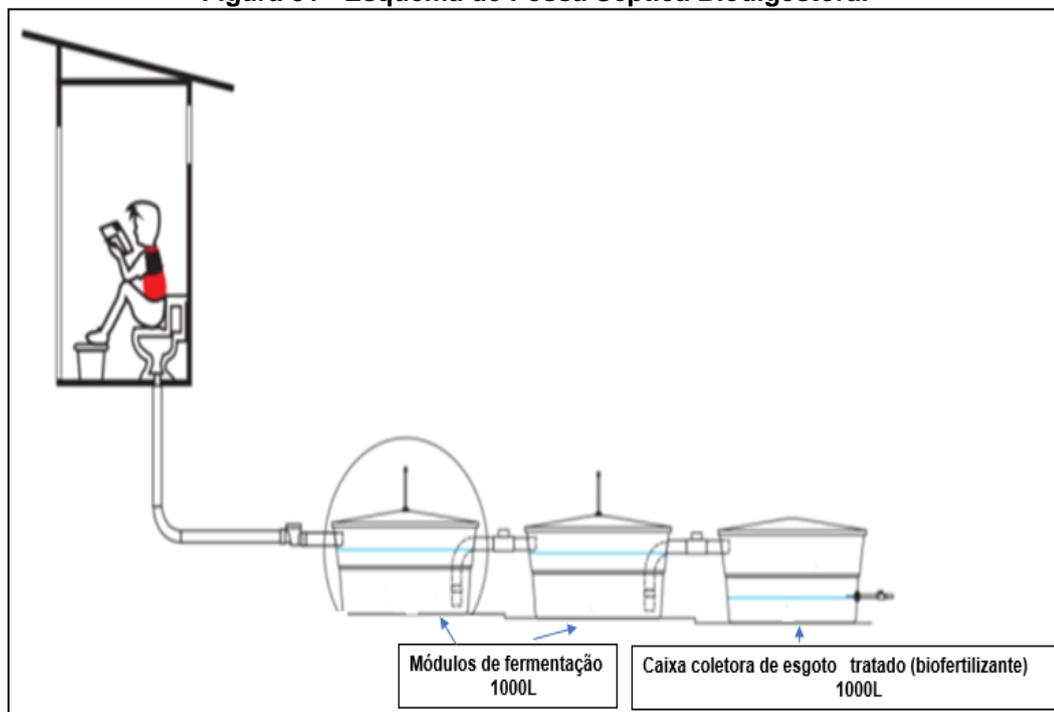
As duas primeiras caixas do sistema são chamadas de módulos de fermentação, locais onde ocorre a biodigestão anaeróbia realizada pelas bactérias. A última caixa, conhecida como caixa coletora, armazena o efluente estabilizado, que pode ser retirado para posterior utilização.

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 81 - 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 82 - Exemplos de Fossas Sêpticas Biodigestora.



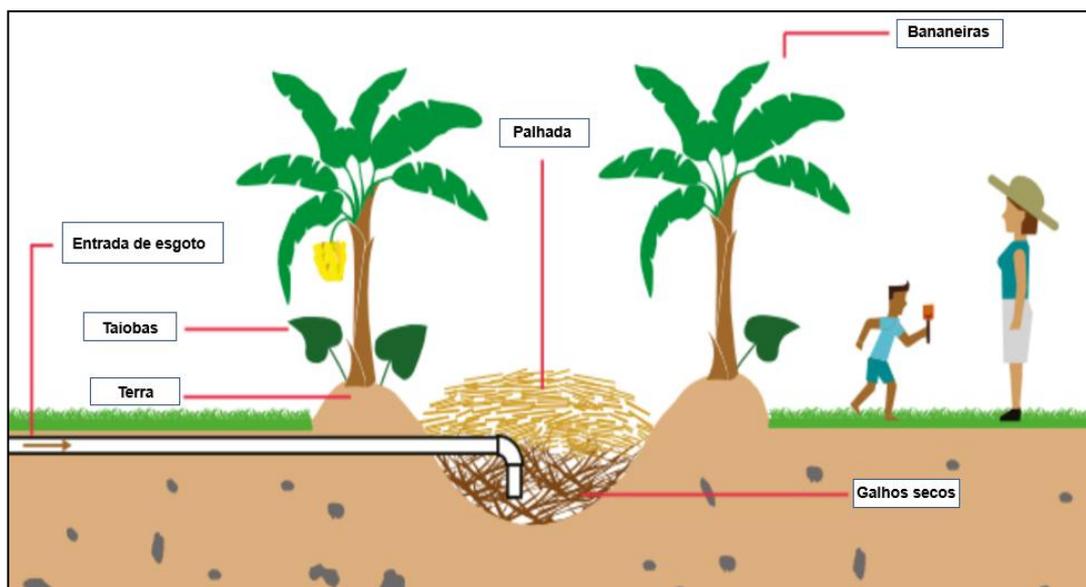
Fonte: EMBRAPA. Imagem de Divulgação, 2025.

4.1.1.6. 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 83 - 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 84 - Exemplos de Círculo de Bananeiras.



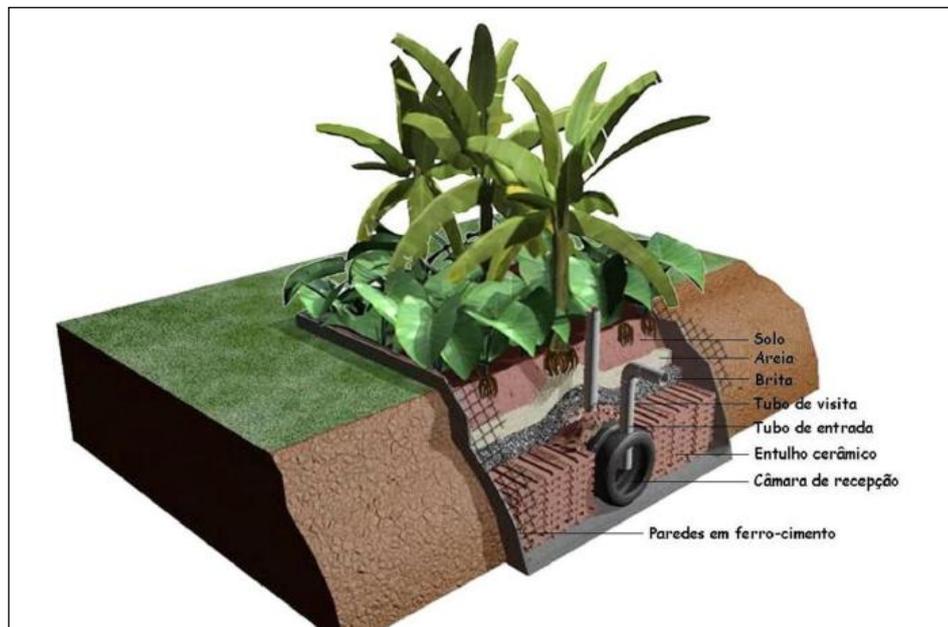
Fonte: Projeto Saneamento Rural – UNICAMP / Imagem de Divulgação, 2025.

4.1.1.7. 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 85 - 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 86 - 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 25 - Ações de emergência e contingência para contaminação por fossas.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL		
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO
OBJETIVO	1	ALTERNATIVAS PARA REDUZIR RISCOS DE CONTAMINAÇÃO POR FOSSAS NA ZONA RURAL
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Vazamentos e contaminação de solo, curso hídrico ou lençol freático por fossas, se houver.	Rompimento, extravasamento, vazamento e/ou infiltração de esgoto bruto por ineficiência de fossas.	Comunicar a Prefeitura Municipal e o SAEEC. 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 Engenheiro Coelho.

4.1.1.8. Objetivo 1 – Substituição dos sistemas individuais inadequados

Conforme destacado anteriormente, nas áreas rurais do município de Engenheiro Coelho observa-se uma parcela 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 26 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - 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. 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)	Monitoramento regular da qualidade da água nos corpos hídricos próximos às áreas rurais de Engenheiro Coelho; 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 - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 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 60% dos sistemas inadequados por projetos de eficiência comprovada.			3) Substituição de 80% 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		
2.1.1	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	-



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto IX e X – Versão Final do PMSR e Validação
Engenheiro Coelho - SP



2.1.2	Substituição das fossas rudimentares por fossas sépticas ou biodigestores.	R\$ 210.600,00	R\$ 70.200,00	R\$ 70.200,00	RP - FPU	(1*) Custo estimado de Biodigestores (R\$3.750,00) * 52 propriedades + 80% para instalação.
2.1.3	Elaboração de estudo para implementação de sistemas coletivos em núcleos populacionais com propriedades rurais contíguas.	-	-	-	AA - RP	-
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 210.600,00	R\$ 70.200,00	R\$ 70.200,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 351.000,00

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 52 propriedades que não possuem tratamento adequado. Dessa forma, o valor unitário de R\$ 3.750,00 foi multiplicado por 52 propriedades. Após isso, o cálculo foi extrapolado em mais 80% do valor unitário para gastos de instalação (o material cotado para a estimativa de preço foi: Fossa Séptica Biodigestor 1500 L/dia Preta Fortlev Cor Preto). Vale ressaltar que de acordo com informações da fabricante, esta vazão permite um atendimento de até 11 pessoas em uma residência de médio consumo de água.



4.1.1.9. 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 27 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO				
OBJETIVO	2	GARANTIR A MANUTENÇÃO ADEQUADA DAS FOSSAS NAS PROPRIEDADES RURAIS PARA MITIGAR ODOR E DANOS AMBIENTAIS				
FUNDAMENTAÇÃO	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.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	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		



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto IX e X – Versão Final do PMSR e Validação
Engenheiro Coelho - SP



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	-
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$0,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.3.8. Análise Econômica

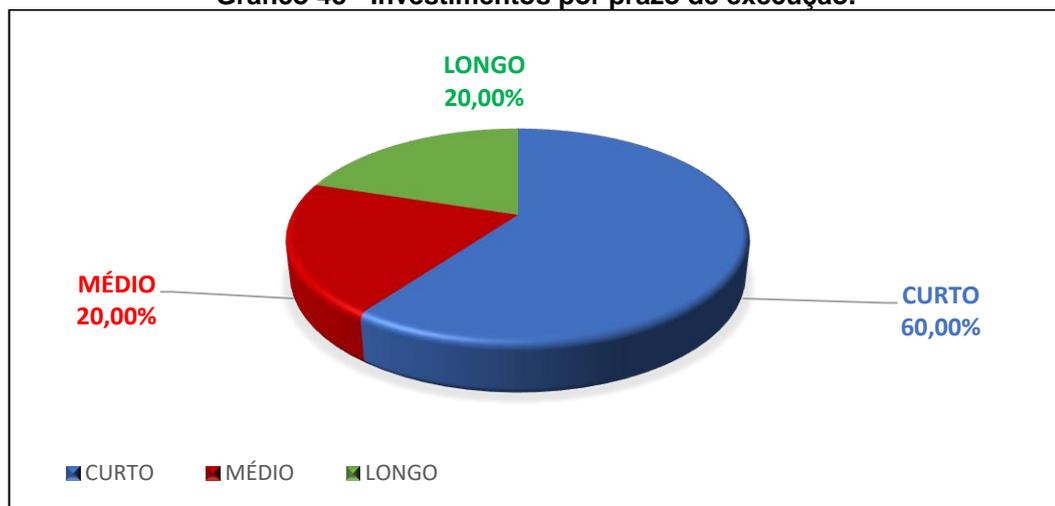
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 28 - Análise de investimento nos sistemas de esgotamento sanitário.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PMSR				
SETOR	2	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO		
OBJETIVOS	PRAZOS			TOTAL GERAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	
SUBSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS INADEQUADOS	R\$ 210.600,00	R\$ 70.200,00	R\$ 70.200,00	R\$ 351.000,00
GARANTIR A MANUTENÇÃO ADEQUADA DAS FOSSAS NAS PROPRIEDADES RURAIS PARA MITIGAR ODORES E IMPACTOS AMBIENTAIS	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
TOTAL GERAL	R\$ 210.600,00	R\$ 70.200,00	R\$ 70.200,00	R\$ 351.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 43 - Investimentos por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



4.4. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

O gerenciamento de resíduos sólidos enfrenta desafios específicos na zona rural, onde, além da dificuldade de logística em relação a coleta dos resíduos domiciliares, é necessário lidar com materiais provenientes de atividades agrícolas, como embalagens de agrotóxicos, rejeitos de animais, entre outros tipos de resíduos. Essas particularidades exigem uma abordagem integrada e adaptada às condições locais.

Entre os principais desafios observados na gestão de resíduos sólidos em áreas rurais dos municípios brasileiros, destacam-se a prática recorrente da queima de resíduos nas propriedades, evidenciando a ausência de alternativas adequadas de destinação; o número insuficiente de caçambas comunitárias para o descarte regular dos resíduos domiciliares; e a cobertura limitada dos serviços de coleta, que resulta na exclusão de diversas localidades do atendimento sistemático. Soma-se a isso a inexistência de pontos de entrega voluntária ou estruturas específicas para a disposição de materiais recicláveis, dificultando a implementação de ações voltadas à segregação e à valorização dos resíduos.

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 Engenheiro Coelho.



4.4.1. Estimativa da Produção de Resíduos Sólidos com base nos Resultados dos Estudos Demográficos

Para fins de estimativa da geração per capita de resíduos sólidos domiciliares na área rural do município de Engenheiro Coelho, torna-se necessário adotar parâmetros específicos que reflitam adequadamente as particularidades do meio rural. Os dados oficiais disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SINISA, referentes ao ano de 2023, indicam que a massa média de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados no município foi de 0,76 kg/hab.dia, valor este que contempla a população total do município, incluindo tanto a zona urbana quanto a rural.

Entretanto, a adoção desse valor como referência para a estimativa da geração em áreas exclusivamente rurais pode resultar em distorções, tendo em vista que o padrão de consumo, o acesso a produtos industrializados, a infraestrutura de serviços públicos e os hábitos de descarte diferem significativamente entre os contextos urbano e rural.

Estudos desenvolvidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, particularmente no “Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos” (CETESB, 2012), apontam que a geração per capita de resíduos domiciliares em áreas rurais tende a ser substancialmente inferior, situando-se na faixa de 0,3 a 0,5 kg/hab.dia, a depender das características locais. Esse intervalo considera práticas comuns em áreas rurais, como o reaproveitamento de resíduos orgânicos para alimentação animal ou compostagem, o uso reduzido de embalagens, além da presença de descarte informal ainda recorrente em muitas localidades.

Complementarmente, dados do IBGE e estudos vinculados ao Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR também indicam uma média inferior a 0,5 kg/hab.dia para áreas rurais em municípios com predominância de agricultura familiar e menor urbanização. Tais dados reforçam a necessidade de considerar uma taxa diferenciada para a zona rural, distinta daquela observada no contexto urbano.

Dessa forma, adotou-se para o presente diagnóstico o valor de referência de 0,4 kg/hab.dia para a estimativa da geração de resíduos domiciliares na área rural de Engenheiro Coelho. Este parâmetro encontra-se alinhado com as faixas observadas nas publicações técnicas da CETESB (2012) e nas análises do IBGE e SINIR,



representando uma média conservadora e adequada à realidade socioeconômica local. A adoção desse valor visa assegurar maior precisão na quantificação da geração rural e subsidiar o planejamento de ações específicas para a gestão dos resíduos nesta porção do território municipal.

Tabela 29 - Estimativa da geração total, reciclados e compostáveis.

Ano	População	Geração Per Capta (kg/hab./dia)	Total (ton./ano)
2025	5.148	0,4	751,61
2026	5.198	0,41	777,88
2027	5.249	0,42	804,67
2028	5.299	0,43	831,68
2029	5.350	0,44	859,21
2030	5.400	0,45	886,95
2031	5.451	0,46	915,22
2032	5.501	0,47	943,70
2033	5.552	0,48	972,71
2034	5.602	0,49	1.001,92
2035	5.653	0,5	1.031,67
2036	5.703	0,51	1.061,61
2037	5.754	0,52	1.092,11
2038	5.804	0,53	1.122,78
2039	5.855	0,54	1.154,02
2040	5.905	0,55	1.185,43
2041	5.956	0,56	1.217,41
2042	6.006	0,57	1.249,55
2043	6.057	0,58	1.282,27
2044	6.107	0,59	1.315,14

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.

4.1.1.10. 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

4.1.1.11. Coleta Convencional de Resíduos Sólidos

A coleta convencional de resíduos sólidos está amparada por leis e normas Federais, Estaduais e, inclusive, municipais, onde as responsabilidades e a



sistematização dos serviços são estabelecidas através de estudos técnicos e disponibilizadas através de procedimentos de gestão.

Dentre as Normas brasileiras relativas à coleta de resíduos sólidos, tem-se a ABNT NBR n° 13.463/1995 – Coleta de Resíduos Sólidos e a ABNT NBR n° 12.980/1993 – Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos. 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.

4.1.1.12. Estimativas de quantidades a serem coletadas por setores.

Destaca-se que, conforme dados do SINISA e após constatação durante a pesquisa de campo aplicada, somente três propriedades rurais de Engenheiro Coelho 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.

4.1.1.13. Regularidade, Frequência e Setorização da Coleta

A coleta de resíduos sólidos domiciliares nas propriedades rurais de Engenheiro Coelho, tanto nos locais mais próximos a sede municipal e que são 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.

4.1.1.14. 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



condicionamento, 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, 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, uma grande parcela das propriedades participantes da pesquisa de campo indicara não utilizar lixeiras suspensas para o armazenamento dos resíduos, representando cerca de 72%.

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.

4.1.1.15. 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 87 - Exemplo de trator agrícola com caçambas.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

4.1.1.16. 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.

CORES	TIPOS DE RESÍDUOS
Blue	Papel e Papelão
Red	Plásticos
Green	Vidros
Yellow	Metais
Black	Madeiras
Orange	Resíduos Perigosos
White	Resíduos Ambulatoriais e Serviços de Saúde
Purple	Resíduos Radioativos
Brown	Resíduos Orgânicos
Grey	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 88 - 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 31 - 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 Engenheiro Coelho, conforme identificado no Diagnóstico, não dispõe de um sistema de coleta seletiva direcionado às propriedades rurais. O que foi observado e diagnosticado é que alguns poucos moradores fazem a separação e o transporte voluntário dos materiais recicláveis para a Sede Municipal de Engenheiro Coelho, sendo cerca de 17,9% das propriedades entrevistadas que afirmaram fazer a coleta seletiva.

Ademais, a Lei nº 874/2013 institui o Programa Municipal de Coleta Seletiva de Resíduos em Engenheiro Coelho, definindo diretrizes e ações para sua implementação. Entre as medidas previstas, destaca-se a realização da coleta seletiva por meio de Postos de Entrega Voluntária (PEVs), além da coleta porta a porta dos materiais recicláveis gerados em residências, estabelecimentos comerciais, de serviços e repartições públicas.

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.



4.1.1.17. 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 32 - Vantagens e desvantagens.

MODALIDADE	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
COLETA SELETIVA PORTA A PORTA	<p>1) Dispensa o deslocamento das pessoas até um local de entrega voluntária, aumentando a adesão ao programa;</p> <p>2) Facilita a mensuração, identificando os imóveis participantes;</p> <p>3) Otimiza a descarga nos Centros de Triagens de Resíduos Sólidos – CTRS.</p>	<p>1) Custo elevado de operação, com o aumento da frota necessária para a coleta e de recursos humanos;</p> <p>2) Logística dificultada para propriedades rurais isoladas ou de difícil acesso.</p>
PONTOS OU LOCAIS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA	<p>1) Menor custo para a coleta;</p> <p>2) Induz a população a compreender as diferentes cores dos recipientes – Educação Ambiental;</p> <p>3) Os materiais são encaminhados ao Centro de Triagem já separados;</p> <p>4) Permite a publicidade ou o patrocínio privado;</p> <p>5) Boa qualidade dos resíduos recebidos;</p> <p>6) Aumento da cidadania com a fidelização das pessoas.</p>	<p>1) É necessário que a população se desloque até os pontos, podendo ocasionar desestímulos ao programa;</p> <p>2) Manutenção periódica dos recipientes, como limpezas e reformas, já que eles se encontram expostos as intempéries e ao vandalismo;</p> <p>3) Capacidade limitada de armazenamento;</p> <p>4) Constante visitas de catadores informais;</p> <p>5) Impedimento da mensuração, não havendo o controle de quais domicílios aderiram ao programa.</p>
ASSOCIAÇÕES OU COOPERATIVAS DE CATADORES	<p>1) Promove a inclusão social através do trabalho e renda;</p> <p>2) Reduz os custos da Prefeitura com a coleta e a triagem dos materiais;</p> <p>3) Maior independência sobre as vulnerabilidades ocorridas na gestão municipal, como troca de governo ou corte em orçamentos;</p> <p>4) Através desta modalidade de execução de coleta seletiva, o município possui prioridades para a obtenção de recursos junto à União.</p>	<p>1) Comumente estas Associações ou Cooperativas de Catadores preferem materiais de maior valor de mercado;</p> <p>2) Riscos de acidentes de trabalho, com manuseios de prensas e outros tipos de equipamentos mecânicos;</p> <p>3) Alta rotatividade de colaboradores;</p> <p>4) Impedimento da mensuração, não havendo o controle de quais domicílios aderiram ao programa.</p>

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Em relação às associações e cooperativas de catadores, em Engenheiro Coelho não há este tipo de estruturação em relação a gestão de materiais recicláveis, conforme mencionado no Produto 4, há no município um programa de coleta seletiva



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. 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 n° 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.

Em Engenheiro Coelho, é estabelecida a Lei Complementar n.º 29/2022, que dispõe sobre o controle de coleta, transporte e destinação de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, não abrangidos pela coleta regular e dá outras providências. Entre outras diretrizes, a referida lei indica como forma de destinação final de cunho público o terreno destinado a recepção, manejo e depósito de resíduos de construção civil, que será a Central de Tratamento de Resíduos - CTR, (localizado ao lado do Condomínio Céu Azul), sendo instituído também uma taxa de cobrança pela recepção dos resíduos no local.

Por mais que não haja políticas públicas voltadas exclusivamente para o gerenciamento desses resíduos na área rural de Engenheiro Coelho, não foram registrados durante as visitas nos imóveis rurais descartes irregulares de entulho ou materiais volumosos em vias ou nos próprios terrenos.

Recomenda-se que o poder público implemente a aplicação de multas aos moradores das áreas rurais flagrados realizando descarte irregular de RCCs. Já 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.

4.4.4. 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.

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.

4.4.5. 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 aumentara 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 Engenheiro Coelho 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 89 – Método “Super R” de compostagem (composteira doméstica).



Fonte: Revista Galileu, 2014.

4.4.6. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Manejo dos Resíduos Sólidos na Área Rural

Tabela 33 - Ações de Emergência e Contingência - Resíduos Sólidos.



MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - 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 Meio Ambiente, 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 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.

4.4.7. 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 Engenheiro Coelho 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.

4.1.1.18. Objetivo 1 – Aprimoramento da Coleta Convencional de RDO



Conforme relatado na etapa de Diagnóstico e no presente produto, algumas propriedades rurais do município de Engenheiro Coelho 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 Engenheiro Coelho, 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 38 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. A separação dos locais indicados para a implantação dos dispositivos foi referente aos grupos de visitas elencados durante a aplicação dos questionários, onde o número para cada grupo é definido a seguir:

- 03 – Grupo 1
- 03 – Grupo 2
- 05 – Grupo 3
- 01 – Grupo 4
- 05 – Grupo 5
- 03 – Grupo 6
- 04 – Grupo 7
- 04 – Grupo 8
- 02 – Grupo 9
- 08 – Grupo 10

Essa iniciativa busca promover uma gestão mais eficiente dos resíduos sólidos, diminuindo os impactos ambientais e sociais causados pelo descarte irregular.



Tabela 34 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - 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 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 38 novas caçambas distribuídas nas comunidades rurais.	R\$ 209.000	-	-	RP – FPU	Custo estimado da unidade (R\$5.500,00) x Número de unidades
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	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$209.000	R\$0,00	R\$0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$209.000

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.1.1.19. Objetivo 2 – Aprimoramento da Gestão de Resíduos da Construção Civil, Volumosos e Recicláveis

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 instituir a abrangência de programas de recolhimento 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 35 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
OBJETIVO	2	GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E VOLUMOSOS				
FUNDAMENTAÇÃO		Engenheiro Coelho possui programas voltados ao descarte adequado de resíduos na área urbana, mas essas iniciativas não abrangem a zona rural. 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.				
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		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 uma campanha de recolhimento 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 de recolhimento na área rural; 6) Realizar manutenções, se necessário, nos ecopontos disponibilizados.			7) Manter fiscalização no combate ao descarte inadequado; 8) Manter mensalmente a campanha de recolhimento 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 e de RCC na área rural.	-	-	-	RP	-
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.	-	-	-	RP - FPU	-
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$0,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.4.8. Análise Econômica

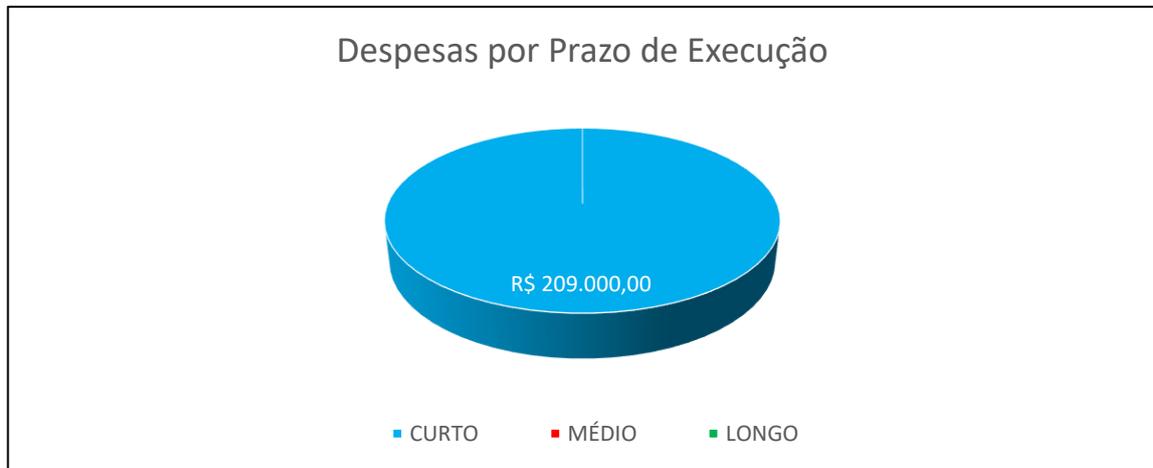
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 36 - Análise de investimento no Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - 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\$ 209.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$209.000,00
GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E VOLUMOSOS	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
TOTAL GERAL	R\$ 209.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$209.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 44 - Investimentos por prazo de execução.



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



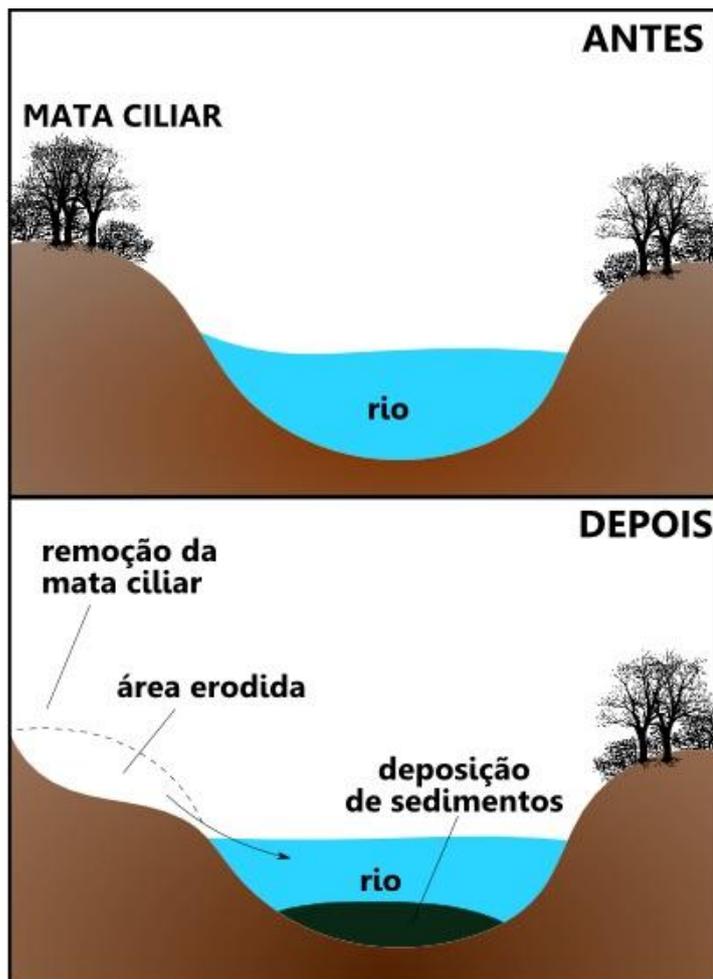
d'água. Esse processo é agravado por atividades humanas, especialmente a remoção da vegetação nativa, que desempenha papel essencial na contenção dos sedimentos ao proteger o solo e dificultar seu deslocamento para os rios.

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 90 - Esquema do processo de assoreamento.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

No município de Engenheiro Coelho, não foram identificados problemas graves relacionados à erosão do solo na área rural. De acordo com a análise amostral apresentada na etapa de Diagnóstico, 100% das propriedades entrevistadas relataram a inexistência de erosões nas proximidades de suas residências.

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 91 - Exemplo de bacia de retenção 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.

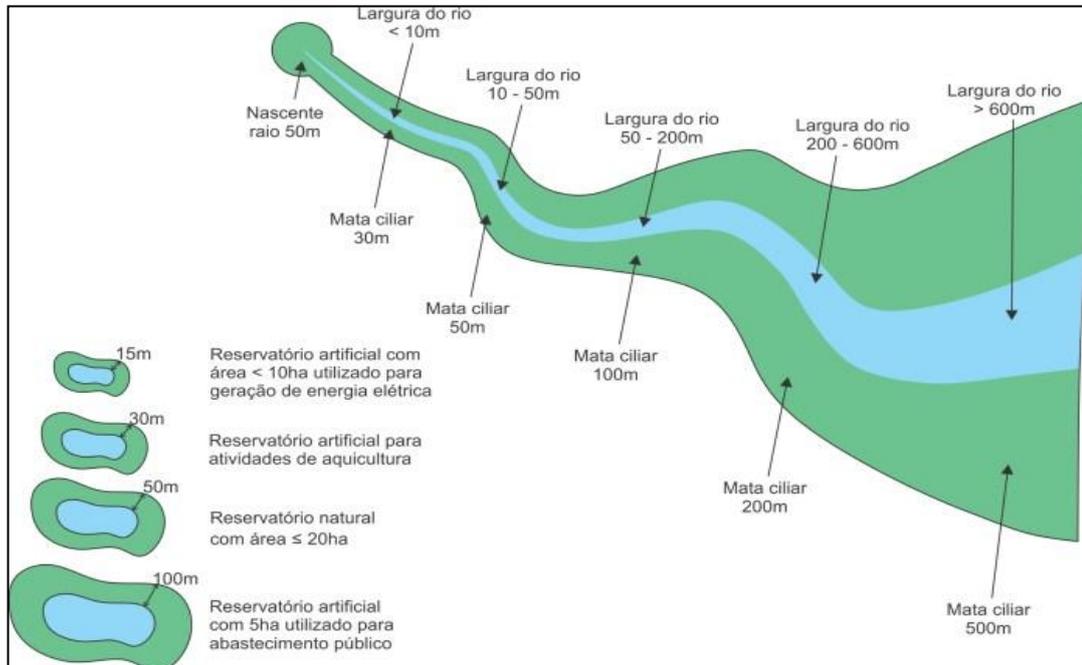
A recuperação dessas áreas deve observar rigorosamente os critérios estabelecidos na legislação, especialmente no que se refere à largura das faixas de proteção, que varia de acordo com a dimensão do leito do curso d'água. Essas faixas desempenham um papel essencial na estabilização das margens, na redução 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 92 - Demonstração das faixas de App's de acordo com o código florestal.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

Em áreas rurais de grande parte dos municípios brasileiros, 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 detenção. 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 93 - 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 37 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL		
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.



OBJETIVO	1	ALTERNATIVAS PARA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS COM PROCESSOS EROSIVOS PROVENIENTES DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL.	
METAS	Criar e implantar sistema de controle e recuperação de processos erosivos.		
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS			
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA	
Processos erosivos.	Inexistência ou ineficiência de 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.	
		Recompôr 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 Engenheiro Coelho, 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, do Governo do Estado de São Paulo, 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.

4.1.1.20. 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 38 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - 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 Engenheiro Coelho, não foram identificadas propriedades com problemas de alagamento e empoçamento durante as chuvas e que exigem medidas estruturais para conter enxurradas e escoamento superficial. Também não foram observados pontos erosivos perto das residências, que necessitam de recuperação. Quanto às vias de acesso, moradores relataram problemas em vias rurais, na maioria de cunho particular, recomendando a identificação e adequação desses pontos, além de estudar a pavimentação das principais vias.					
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) Identificação de pontes rurais danificadas; 2) Elaboração de estudo para pavimentação das principais vias rurais do município. 3) Identificação dos locais susceptíveis a deslizamento ou erosão.		4) Manter o controle de drenagem nas vias rurais do município; 5) Recuperar 60% das áreas que necessitam de melhorias;		6) Manter o controle de drenagem nas vias rurais do município; 7) 100% das áreas recuperadas.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
4.1.1	Estudo para parcerias com instituições como o Programa Melhor Caminho	-	-	-	FPR – FPU - RP	-



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto IX e X – Versão Final do PMSR e Validação
Engenheiro Coelho - SP



4.1.2	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	-
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 800.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 800.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.1.1.21. 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 39 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - 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. 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
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 200.000,00	R\$ 200.000,00	R\$ 600.000,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 1.000.000,00

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

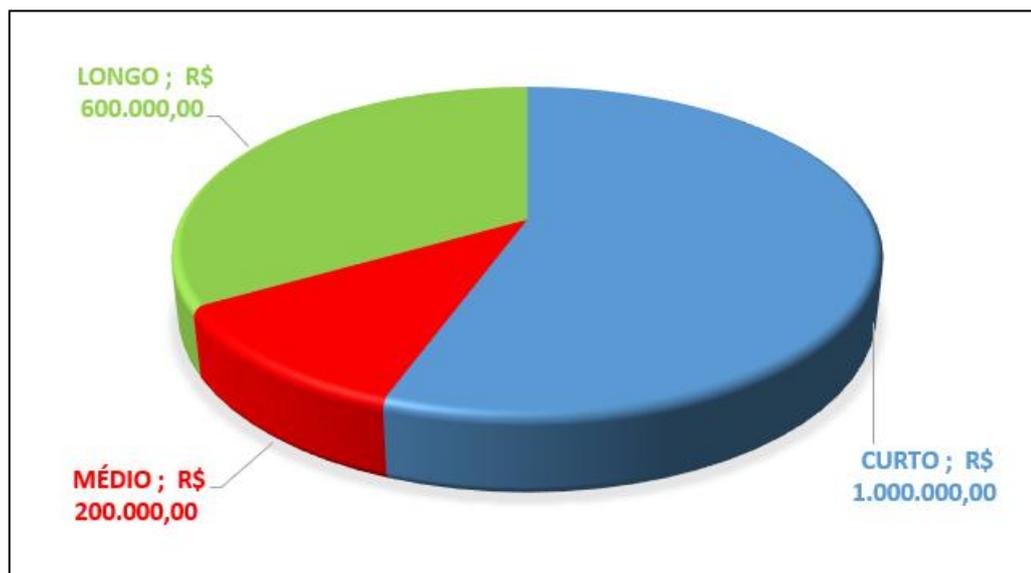
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 40 - Análise de investimento no Sistema de Drenagem.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - 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
TOTAL GERAL	R\$1.000.000,00	R\$200.000,00	R\$600.000,00	R\$1.800.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 45 - Investimentos por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



4.6. 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.

4.6.1. Recursos Ordinários

Os municípios dispõem de recursos ordinários decorrentes de impostos descritos a seguir:

- IPTU - Imposto Predial Territorial Urbano;
- ISSQN – Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza;
- ITBI – Imposto sobre a Transmissão Onerosa de Bens Imóveis;
- ICMS – Repasse do Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação;
- FPM – Fundo de Participação do Municípios;
- ITR – Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural.

Esses recursos são empregados para financiar projetos de infraestrutura, que poderiam incluir obras de melhoria na área de saneamento e gestão de resíduos. No



entanto, esses recursos são de caráter obrigatório, e os municípios terão acesso a eles mesmo se não corresponder as condições estabelecidas pela PNRS.

4.6.2. Recursos Extraordinários

A construção e aprovação deste Plano pelo município, nos termos previstos pela PNRS, autoriza o acesso a recursos extraordinários da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados aos resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

Sendo assim, é importante saber os meios que se tem disponíveis para financiamento da gestão dos resíduos sólidos. Em seguida os subitens apresentam algumas alternativas de recursos extraordinários existentes.

4.6.3. Programas de Financiamento Reembolsáveis

4.6.3.1. 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.

4.6.3.2. Banco do Brasil - BB



Seguindo a mesma estratégia do BNDES, o Banco do Brasil proporciona financiamentos para a aquisição de máquinas, equipamentos novos e insumos. Tais financiamentos só podem ser requeridos por sociedades empresariais (micro, pequenas e médias empresas) ou por associações e cooperativas.

4.6.3.3. 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.

4.6.3.4. 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.

4.6.3.5. Banco Mundial – *The World Bank*

O *The World Bank* é considerado o banco superior, pois é a fonte mundial de assistência para o desenvolvimento, proporcionando cerca de US\$30 bilhões anuais em empréstimos para seus países clientes. Usa os recursos financeiros, o pessoal altamente treinado e a ampla base de conhecimentos para ajudar cada país em desenvolvimento numa trilha de crescimento estável, sustentável e equilibrado.



O objetivo principal é ajudar as pessoas mais pobres e os países mais pobres. O Banco também ajuda os países a atrair e reter investimento privado. Com o apoio, tanto em empréstimos quanto em assessoria, os governos estão reformando as suas economias, fortalecendo sistemas bancários e investindo em recursos humanos, infraestrutura e proteção do meio ambiente, o que realça a atração e produtividade dos investimentos privados.

4.6.4. Programas de Financiamento Não Reembolsáveis

4.6.4.1. Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA

A Lei Federal nº 7.797/1989, criou o Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA, que pertence ao Ministério do Meio Ambiente e tem como objetivo disponibilizar recursos para a capacitação de gestores nas áreas que desenvolvam ações de temática ambiental como, a água, as florestas, a fauna, e projetos sustentáveis e de planejamento e gestão territorial, ou qualquer outra área que tenha como objetivo a proteção da biodiversidade e da natureza.

As propostas podem ser apresentadas de acordo com temas definidos anualmente pelo Conselho Deliberativo do FNMA. A apresentação dos programas deverá seguir as orientações publicadas na página eletrônica do FNMA.

4.6.4.2. Fundo Brasileiro de Educação Ambiental - FunBEA

FunBEA é fruto de um processo de diálogo e articulação que reflete a experiência cotidiana de gestores, educadores, pesquisadores, cientistas e profissionais, diante dos desafios jurídicos, operacionais, pedagógicos e de inovação social para o fomento da EA no Brasil.

Surgiu em 2010, com o objetivo de viabilizar e potencializar ações, projetos e programas de EA que historicamente enfrentam dificuldades em obter e acessar as formas tradicionais de financiamento. A iniciativa partiu de educadores e gestores ambientais, oriundos da academia, sociedade civil organizada, setor empresarial e governo, contando com a presença e apoio do Ministério do Meio Ambiente.



4.6.4.3. 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.

4.6.4.4. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

O Ministério das Cidades é um dos atores da PNRS cujo seu objetivo é assegurar à população o direito de acesso ao sistema de saneamento básico em sua integralidade.

O mesmo procura por projetos e ações que visem à implantação ou adequação para o tratamento e a disposição final ambientalmente adequada de resíduos. Podem fazer uso desses recursos os Estados, o Distrito Federal e os Municípios com população superior a 50 mil habitantes.

4.6.4.5. Ministério da Justiça – Fundo de Direito Difuso - FDD

A finalidade do Fundo administrado pelo Ministério da Justiça é consertar os danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico,



estético, histórico, turístico, paisagístico, por infração à ordem econômica e a outros interesses difusos e coletivos.

As soluções para obter estes recursos, são provenientes de multas aplicadas pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica - CADE, das multas aplicadas por descumprimento a Termos de Ajustamento de Conduta e das condenações judiciais em ações civis públicas.

Assim esses meios são destinados apenas às entidades que atuam diretamente na defesa dos direitos difusos, como preservação e recuperação do meio ambiente, proteção e defesa do consumidor, promoção e defesa da concorrência, entre outros.

Podem ser apoiados projetos que incentivem a gestão dos resíduos sólidos, a coleta seletiva ou outras formas de programas que incluam os objetivos da própria PNRS, que são a redução, a reutilização, o reaproveitamento e a reciclagem do lixo.

Com intuito de receber as verbas do FDD é necessário candidatar-se e apresentar uma carta-consulta, cujo modelo é divulgado no site do Ministério da Justiça. Conseguem solicitar os recursos do FDD as instituições governamentais da administração direta e indireta dos governos federal, estadual e municipal e as organizações não governamentais, desde que brasileiras e que estejam relacionadas à atuação em projetos de meio ambiente, defesa do consumidor, de valor artístico ou histórico.

4.6.4.6. Fundo Nacional de Compensação Ambiental - FNCA

Em 2005, para garantir a aplicação adequada dos recursos da compensação ambiental dos processos de licenciamento federal, o MMA e o Ibama criaram o Fundo Nacional de Compensação Ambiental – FNCA, em cooperação com a CAIXA. Os recursos eram depositados em um fundo de investimento gerido pelo banco, a partir da adesão do empreendedor, e executado pelo Ibama.

O FNCA evitava a entrada dos recursos no caixa único do Tesouro federal e os tornava mais disponíveis para a aplicação direta nas unidades de conservação federais. O FNCA foi criado para investir quantias originárias de compensações ambientais, pagas por empreendimentos de infraestrutura ou outros igualmente impactantes.



4.6.4.7. 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.

4.6.4.8. 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.

4.7. ANÁLISE GLOBAL DOS INVESTIMENTOS

A tabela a seguir mostra os valores necessários para os serviços de saneamento rural no município de Engenheiro Coelho, bem como sua execução e manutenção, para os próximos vinte anos.



Tabela 41 - Análise Global.

EIXO	PRAZOS			TOTAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	GERAL
Sistema de Abastecimento de Água	R\$77.537,00	R\$40.000,00	R\$120.000,00	R\$237.537,00
Sistema de Esgotamento Sanitário	R\$ 210.600,00	R\$ 70.200,00	R\$ 70.200,00	R\$ 351.000,00
Sistema de Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos	R\$ 104.500,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 104.500,00
Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais	R\$1.000.000,00	R\$200.000,00	R\$600.000,00	R\$1.800.000,00
TOTAL	R\$ 1.392.637,00	R\$ 310.200,00	R\$ 790.200,00	R\$ 2.493.037,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

5. MECANISMOS E PROCEDIMENTOS PARA A AVALIAÇÃO SISTEMÁTICA DA EFICIÊNCIA, EFICÁCIA E EFETIVIDADE DAS AÇÕES DO PLANO



5.1. Participação Social

A participação social é um elemento essencial para a efetividade do Plano Municipal de Saneamento Rural (PMSR) de Engenheiro Coelho, garantindo que a população compreenda plenamente suas diretrizes, metas e ações. Para tanto, é fundamental fortalecer o controle social por meio de um processo participativo contínuo, que assegure a ampla divulgação das informações e a inclusão ativa da sociedade nas decisões.

Esse fortalecimento depende da implementação de estratégias integradas de educação, comunicação e mobilização social. Não se trata apenas da realização de campanhas pontuais, mas da construção de um processo contínuo de engajamento, que contemple todas as regiões do município, levando em consideração sua diversidade social, cultural e territorial.

Para ampliar a participação da população na gestão do saneamento, é imprescindível a implementação de ações de educação ambiental com foco na comunicação social. Essas iniciativas têm um papel estratégico na disseminação de informações acessíveis, na conscientização da comunidade e na promoção do engajamento no acompanhamento, monitoramento e avaliação das ações do PMSR.

Garantir que a população esteja bem-informada e envolvida cria um ambiente mais propício para a transparência na gestão dos serviços de saneamento, estimulando o senso de corresponsabilidade e contribuindo para a melhoria contínua das políticas públicas voltadas ao setor.

5.1.1. Educação Ambiental

Para compatibilizar os programas em andamento com as diretrizes do programa de educação ambiental proposto, é essencial o envolvimento de diversas secretarias, como as de Educação, Saúde, Assistência Social, juntamente com a Secretaria de Meio Ambiente, dada a natureza intersetorial das ações.

A educação ambiental desempenha um papel fundamental no fortalecimento do controle social, ao orientar a população para uma leitura crítica das informações proporcionadas pelas intervenções em saneamento básico. Nesse sentido, um programa de educação ambiental voltado para o saneamento, além de ser transversal, deve considerar princípios socioeducacionais que promovam o diálogo entre gestores



e a comunidade. É importante compreender a visão e as necessidades do outro, reconhecendo sua participação no processo.

O objetivo não deve se limitar ao desenvolvimento e à implementação de projetos nas comunidades, mas também valorizar as culturas locais, transformando-os em políticas de saneamento sustentáveis. Ao mesmo tempo, os saberes locais devem ser complementados por conhecimentos técnicos e científicos. A educação ambiental tem o potencial de definir como e sob que circunstâncias esses saberes se entrelaçam, com o intuito de construir uma vida socioambientalmente mais justa.

Esse esforço conjunto deve resultar na elaboração de uma agenda voltada à educação formal e informal, abrangendo as dimensões ambiental, econômica e social, e atendendo às demandas dos quatro componentes do saneamento básico de maneira integral. Algumas ações propostas para integrar o programa incluem:

- Realização de discussões coletivas para definir os direitos e deveres da população beneficiada;
- Visitas educativas de grupos escolares aos sistemas de tratamento de água (ETA) e de esgoto (ETE);
- Inserção de atividades voltadas ao saneamento básico na grade curricular dos diferentes níveis de ensino, como tema transversal à educação ambiental;
- Disseminação do PMSR de Engenheiro Coelho por meio da formação de agentes multiplicadores;
- Estabelecimento de canais de comunicação contínuos com a sociedade;
- Realização de reuniões com segmentos sociais para discussão e avaliação do PMSR de Engenheiro Coelho;
- Desenvolvimento de campanhas informativas e educativas sobre o uso racional da água, manejo de resíduos sólidos, entre outros;
- Difusão de orientações aos geradores e prestadores de serviços de coleta de resíduos da construção civil (RCC), especialmente os pequenos geradores;
- Difusão de orientações para os geradores e prestadores de serviços de coleta de resíduos de serviços de saúde (RSS);
- Desenvolvimento de ações voltadas para os catadores, orientando-os sobre seu papel como agentes ambientais e informando-os sobre os modelos de coleta seletiva adotados.



5.1.2. Comunicação Social

A comunicação, entendida em seu sentido mais amplo — socializar a informação, esclarecer, sensibilizar e organizar para a participação —, é uma ferramenta estratégica tanto para democratizar a informação quanto para mobilizar a sociedade.

Dessa forma, a comunicação social deve ocorrer de forma efetiva, contínua, integrada e qualificada em todas as etapas do PMSR, desde sua concepção e implementação até seu monitoramento. Isso garantirá um processo participativo e transparente, abrangendo tanto a instância institucional — que envolve as secretarias e os conselhos municipais — quanto a sociedade em geral.

A convocação dos beneficiários deve utilizar meios de comunicação diversificados para atingir os diferentes tipos de atores sociais presentes no município. Além da comunicação oficial da Prefeitura, recomenda-se a diversificação dos veículos e mídias, adequando a linguagem a cada público, de forma a permitir uma ampla divulgação do plano.

Os principais veículos locais incluem os tradicionais, como rádio, TV, e jornais, bem como carros de som, entre outros. As mídias sociais, devido à sua ampla acessibilidade e baixo custo, devem ser priorizadas por sua capilaridade.

As informações transmitidas, independentemente do meio de comunicação utilizado, não devem ter caráter normativo, para evitar que sejam percebidas como uma imposição. Pelo contrário, a abordagem deve ser reflexiva, com o objetivo de estimular a construção de uma consciência ambiental favorável aos objetivos do Programa de Educação Ambiental (PEA). Os conteúdos precisam ser atrativos, claros e de fácil entendimento, visando alcançar a maior parte do público envolvido.

Ferramentas, especialmente as relacionadas às mídias sociais, devem ser utilizadas regularmente para assegurar ampla divulgação das ações, sem representar grandes investimentos para a Prefeitura. As escolas da rede municipal, as coordenações das unidades de saúde e os Centros de Referência de Assistência Social (CRAS) podem ser canais eficazes para veicular informações sobre o PMSR, pois têm um alcance considerável em diversas regiões do município.

Outro ponto essencial para o sucesso das ações educativas é a constante renovação das estratégias sensibilizadoras, tanto nos recursos didáticos quanto nos meios de comunicação. A exposição contínua ao mesmo estímulo pode dificultar a



atenção do público, prejudicando, assim, o aprendizado. Os aspectos fundamentais para uma comunicação eficaz incluem:

- Conhecimento do contexto em que a informação será veiculada;
- Planejamento das ações, considerando os objetivos propostos, as formas mais eficientes de alcançar o público-alvo e os recursos disponíveis;
- Execução das ações e mensuração dos resultados, com base na reação do público às mensagens transmitidas.

É sugerido que os mecanismos e procedimentos adotados sejam periodicamente reavaliados, preferencialmente a cada quatro anos, de modo a coincidir com o ciclo de revisão do PMSR. Isso garantirá que as ações de comunicação se mantenham atualizadas e alinhadas com os objetivos e necessidades emergentes ao longo do tempo.

5.2. Controle Social

O acesso à informação é uma medida essencial para garantir que os cidadãos compreendam a gestão pública e as ações executadas pela administração, permitindo sua participação efetiva nos processos decisórios que envolvem os interesses



coletivos. Este direito está assegurado pela Constituição de 1988, no artigo 5º, inciso XXXIII, que afirma:

"...todos têm o direito de receber dos órgãos públicos informações de interesse pessoal ou de interesse coletivo ou geral, que serão prestadas no prazo da lei, sob pena de responsabilidade, ressalvadas aquelas cujo sigilo seja imprescindível à segurança da sociedade e do Estado."

Além disso, a Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (LDNSB) destaca, em seus princípios, a importância do controle social e do acesso à informação, os quais devem ser garantidos ao longo de todo o processo de formulação, implementação e avaliação das políticas públicas voltadas ao saneamento básico.

A LDNSB (Lei nº 11.445/2007) define o controle social como o "conjunto de mecanismos e procedimentos que garantem à sociedade informações, representações técnicas e participação nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos de saneamento básico" (art. 3º, inciso IV).

A PNRS (Lei nº 12.305/2010) reconhece o direito da sociedade ao acesso à informação e ao controle social (art. 6º, inciso X), que devem ser exercidos por "órgãos colegiados municipais destinados ao controle social dos serviços de resíduos sólidos urbanos" (art. 8º, inciso XIV).

Em seu artigo 47, a LDNSB especifica os representantes que devem ser envolvidos no processo de controle social, cujas funções e competências podem ser exercidas por órgãos colegiados já existentes, com as adaptações necessárias às legislações que os criaram:

- I. Titulares dos serviços;
- II. Órgãos governamentais relacionados ao setor de saneamento básico;
- III. Prestadores de serviços públicos de saneamento básico;
- IV. Usuários dos serviços de saneamento básico;
- V. Entidades técnicas, organizações da sociedade civil e de defesa do consumidor relacionadas ao setor de saneamento básico.



O Decreto nº 7.217/2010, que regulamenta a LDNSB, reforça a importância da participação social no desenvolvimento do Plano, destacando: "O titular dos serviços formulará a respectiva política pública de saneamento básico, devendo, para tanto, elaborar os planos de saneamento básico, observada a cooperação das associações representativas e a ampla participação da população e de associações representativas de vários segmentos da sociedade" (art. 23).

Com base nesse entendimento, a elaboração do PMSR guiado pelo Plano de Mobilização e Comunicação Social, contou com a participação ativa da população usuária dos serviços e de diversas associações representativas da sociedade rural. O processo envolveu uma atuação consensual e coerente entre o município e os prestadores de serviços, assegurando o cumprimento do Decreto nº 7.217/2010 e dos dispositivos previstos nos artigos 34 e 47 da LDNSB.

O controle social, como princípio fundamental para a definição de políticas públicas, foi integrado ao processo de elaboração do PMSR e deve ser formalizado para fortalecer os processos participativos e engajar a população na fase de implementação e execução do Plano, conforme detalhado a seguir.

5.2.1. Controle social no processo de elaboração do PMSR

O Plano de Mobilização e Comunicação Social teve como objetivo criar as bases para a efetiva participação da sociedade rural durante o processo de elaboração do PMSR. As estratégias de participação social propostas incluíram a aplicação de questionários (impressos e online), reuniões com conselhos municipais e a realização de Audiência Pública.

Essas ações permitiram o intercâmbio de informações entre o poder público e a população. No entanto, a apropriação dos dados pela comunidade e sua participação nas discussões sobre os problemas e soluções para o saneamento não foram totalmente garantidas.

Embora o processo tenha buscado envolver a sociedade, a presença direta e constante da população foi limitada, o que impediu a consolidação de uma ampla participação social. O objetivo principal foi fomentar a participação e fornece uma base para a futura implementação das soluções, permitindo ainda o monitoramento e a revisão das ações ao longo do tempo.

Figura 94 – Público-alvo.



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Velho – RO, 2020.

Durante a revisão técnica do Plano, as deficiências identificadas foram analisadas exclusivamente pelos representantes do poder público, que conduziram um processo de consulta e ajustes no documento. A divulgação das informações sobre os problemas e as soluções propostas visou garantir transparência, permitindo que a sociedade tivesse conhecimento das diretrizes planejadas. O objetivo foi estruturar um planejamento viável e alinhado às necessidades do município, contribuindo para a melhoria dos serviços de saneamento rural.

5.2.2. Controle social na execução do PMSR

A garantia da participação e do controle social durante a implementação do PMSR é um desafio que exige a colaboração entre os gestores municipais e a sociedade. Conforme estabelecido pela Lei nº 11.445/2007 (Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico - LDNSB), os municípios deveriam ter instituído mecanismos de controle social até 31 de dezembro de 2014, conforme o Decreto nº 8.211/2014, sob pena de ficarem impedidos de acessar recursos federais destinados ao setor após essa data.

No contexto de Engenheiro Coelho - SP, o controle social dos serviços de saneamento pode ser exercido por meio de conselhos municipais ou outras instâncias participativas existentes. Para garantir a legitimidade democrática e a orientação técnica nas decisões sobre saneamento, é fundamental que haja canais estruturados de participação da sociedade na avaliação e acompanhamento das ações implementadas.

O controle social nos serviços de saneamento pode exigir adaptações na legislação municipal vigente, como a Lei Orgânica do Município e outras normas



complementares. A participação ativa da sociedade e a cooperação entre diferentes setores são essenciais para a implementação e o monitoramento eficiente do PMSR em Engenheiro Coelho.



5.3. Definição dos Indicadores Gerais e Específicos

A definição de indicadores gerais e específicos no PMSR representa uma estratégia essencial para o acompanhamento sistemático da implementação das ações e metas estabelecidas no plano, permitindo a análise contínua dos resultados obtidos nos sistemas de saneamento básico. Além de cumprir com as diretrizes da Lei Federal nº 14.026/2020 e nº 12.305/2010, esses indicadores também assumem papel estratégico no atendimento às exigências de prestação de informações ao Governo Federal, especialmente por meio da plataforma SINISA – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. A plataforma SINISA constitui o principal instrumento de coleta, sistematização e divulgação de dados do setor de saneamento básico no Brasil, sendo utilizada para subsidiar o planejamento nacional e a formulação de políticas públicas. O correto preenchimento dessa plataforma exige que o município apresente informações detalhadas e atualizadas sobre diversos aspectos dos serviços de saneamento.

Neste sentido, a elaboração de indicadores no âmbito do PMSR proporciona ao município uma base estruturada de monitoramento e avaliação, alinhada aos parâmetros requeridos pelo SINISA. Isso facilita a coleta e a organização de dados padronizados, reduzindo inconsistências e lacunas na alimentação da plataforma federal. Ademais, promove a integração entre a gestão municipal e os mecanismos federais de acompanhamento, permitindo que o município se mantenha em conformidade com os marcos legais e regulatórios do setor, além de ampliar suas possibilidades de acesso a financiamentos e programas de apoio técnico por parte da União.

Portanto, com a instituição de indicadores bem definidos, Engenheiro Coelho não apenas fortalece sua capacidade de gestão e planejamento, como também se prepara para responder de forma eficiente às exigências nacionais de informação e transparência, consolidando a base técnica necessária para a consolidação de políticas públicas eficazes na área de saneamento básico. Dessa forma, a seguir serão elencados os indicadores gerais para os programas definidos para o PMSR, assim como os indicadores específicos para cada projeto e ação definidos dentro dos programas de cada eixo.



5.3.1. Sistema de Abastecimento de Água

5.3.1.1. Programa 1: Implementar Medidas de Proteção para Poços e Nascentes e Garantir a Segurança Hídrica

Quadro 1 – Indicador Geral para o Programa 1.

PROGRAMA	INDICADOR GERAL	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Implementar Medidas de Proteção para Poços e Nascentes e Garantir a Segurança Hídrica	Índice de Segurança Hídrica Rural (ISHR)	SAA1G01	$(\text{N}^{\circ} \text{ de poços e nascentes adequados e monitorados} \div \text{N}^{\circ} \text{ total de poços e nascentes identificados}) \times 100$	Porcentagem (%)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Quadro 2 – Indicadores Específicos para o Programa 1.

INDICADOR ESPECÍFICO	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Percentual de fossas desativadas próximas a captações	SAA01E01	$(\text{N}^{\circ} \text{ de fossas desativadas a menos de 15 m de poços/nascentes} \div \text{N}^{\circ} \text{ total de fossas identificadas nessa condição}) \times 100$	Porcentagem (%)
Percentual de poços adequados segundo normas técnicas	SAA01E02	$(\text{N}^{\circ} \text{ de poços com tampa vedada e alvenaria de proteção} \div \text{N}^{\circ} \text{ total de poços avaliados}) \times 100$	Porcentagem (%)
Número de atendimentos técnicos realizados	SAA01E03	Nº de atendimentos técnicos realizados por ano	Atendimentos / ano



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto IX e X – Versão Final do PMSR e Validação
Engenheiro Coelho - SP



INDICADOR ESPECÍFICO	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Percentual de propriedades rurais com monitoramento da água implantado	SAA01E04	$(\text{N}^\circ \text{ de propriedades com monitoramento da água} \div \text{N}^\circ \text{ total de propriedades rurais}) \times 100$	Porcentagem (%)
Número de fiscalizações realizadas em áreas de captação	SAA01E05	Nº de fiscalizações realizadas em áreas de captação por ano	Fiscalizações / ano

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



5.3.1.2. Programa 2: Implantar o Tratamento de Água e Regularizar a Proximidade de Poços Próximos a Fontes de Contaminação

Quadro 3 – Indicador Geral para o Programa 2.

PROGRAMA	INDICADOR GERAL	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Implantar o Tratamento de Água e Regularizar a Proximidade de Poços Próximos a Fontes de Contaminação	Índice de Tratamento de Água em Propriedades Rurais	SAA2G01	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de propriedades com sistema de tratamento de água adequado}}{\text{N}^\circ \text{ total de propriedades rurais}} \times 100$	Porcentagem (%)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Quadro 4 – Indicadores Específicos para o Programa 2.

INDICADOR ESPECÍFICO	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Percentual de propriedades com sistemas de tratamento implantados	SAA2E01	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de propriedades com sistema de tratamento implantado}}{\text{N}^\circ \text{ total de propriedades rurais}} \times 100$	Porcentagem (%)
Percentual de poços regularizados em conformidade com normas de afastamento	SAA2E02	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de poços localizados fora da faixa de risco}}{\text{N}^\circ \text{ total de poços avaliados}} \times 100$	Porcentagem (%)
Número de ações de conscientização realizadas	SAA2E03	Nº de campanhas, oficinas ou reuniões de conscientização realizadas por ano	Ações / ano
Percentual da população rural atendida por ações de conscientização	SAA2E04	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de pessoas alcançadas pelas ações de conscientização}}{\text{População rural total}} \times 100$	Porcentagem (%)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



5.3.2. Sistema de Esgotamento Sanitário

5.3.2.1. Programa 1: Substituição dos Sistemas Individuais

Quadro 5 – Indicador Geral para o Programa 1.

PROGRAMA	INDICADOR GERAL	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Substituição dos Sistemas Individuais	Índice de Substituição de Fossas Rudimentares	SES1G01	$(\text{N}^\circ \text{ de fossas rudimentares substituídas} \div \text{N}^\circ \text{ total de fossas rudimentares identificadas}) \times 100$	Porcentagem (%)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Quadro 6 – Indicadores Específicos para o Programa 1.

INDICADOR ESPECÍFICO	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Número de ações educativas realizadas	SES1E01	$\text{N}^\circ \text{ de palestras, oficinas ou materiais didáticos distribuídos por ano}$	Nº / ano
Percentual de propriedades com fossas sépticas ou biodigestores implantados	SES1E02	$(\text{N}^\circ \text{ de propriedades com fossas sépticas ou biodigestores} \div \text{N}^\circ \text{ total de propriedades rurais}) \times 100$	Porcentagem (%)
Percentual de fossas rudimentares erradicadas	SES1E03	$(\text{N}^\circ \text{ de fossas rudimentares desativadas} \div \text{N}^\circ \text{ total de fossas rudimentares identificadas}) \times 100$	Porcentagem (%)



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto IX e X – Versão Final do PMSR e Validação
Engenheiro Coelho - SP



INDICADOR ESPECÍFICO	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Estudos de viabilidade de sistemas coletivos elaborados	SES1E04	Nº de estudos elaborados para núcleos populacionais com propriedades rurais contíguas	Nº

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



5.3.2.2. Programa 2: Garantir a Manutenção Adequada das Fossas nas Propriedades Rurais para Mitigar Odor e Impactos Ambientais

Quadro 7 – Indicador Geral para o Programa 2.

PROGRAMA	INDICADOR GERAL	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Garantir a Manutenção Adequada das Fossas nas Propriedades Rurais para Mitigar Odor e Impactos Ambientais	Índice de Fossas Rurais em Condições Adequadas	SES2G01	$(\text{N}^\circ \text{ de fossas em boas condições e com manutenção regular} \div \text{N}^\circ \text{ total de fossas avaliadas}) \times 100$	Porcentagem (%)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Quadro 8 – Indicadores Específicos para o Programa 2.

INDICADOR ESPECÍFICO	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Número de campanhas de conscientização realizadas	SES2E01	Nº de campanhas, palestras ou materiais distribuídos por ano	Ações / ano
Percentual de propriedades que realizam manutenção periódica das fossas	SES2E02	$(\text{N}^\circ \text{ de propriedades com manutenção periódica registrada} \div \text{N}^\circ \text{ total de propriedades com fossas}) \times 100$	Porcentagem (%)
Número de registros no sistema de acompanhamento das fossas	SES2E03	Nº de registros efetuados no sistema de coleta de dados por ano	Registros / ano
Percentual de fossas com situação irregular identificada	SES2E04	$(\text{N}^\circ \text{ de fossas com situação irregular} \div \text{N}^\circ \text{ total de fossas avaliadas}) \times 100$	Porcentagem (%)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



5.3.3. Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

5.3.3.1. Programa 1: Aprimoramento da Coleta Convencional de RDO

Quadro 9 – Indicador Geral para o Programa 1.

PROGRAMA	INDICADOR GERAL	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Aprimoramento da Coleta Convencional de RDO	Índice de Abrangência da Coleta Convencional de RDO na Zona Rural	RS1G01	$\frac{\text{(População rural atendida pela coleta convencional de RDO)}}{\text{População rural total}} \times 100$	Porcentagem (%)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Quadro 10 – Indicadores Específicos para o Programa 1.

INDICADOR ESPECÍFICO	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Percentual de caçambas implantadas nas comunidades rurais	RS1E01	$(\text{N}^\circ \text{ de caçambas implantadas} \div 38 \text{ previstas}) \times 100$	Porcentagem (%)
Estudos de viabilidade e projetos elaborados para infraestrutura da coleta	RS1E02	Nº de estudos/projetos elaborados (Área de Transbordo + veículos de pequeno porte)	Nº
Percentual de resíduos dispostos de forma adequada para a coleta	RS1E03	$(\text{N}^\circ \text{ de pontos de disposição adequada identificados} \div \text{N}^\circ \text{ total de pontos de disposição de RDO avaliados}) \times 100$	Porcentagem (%)
Número de ações de educação ambiental realizadas	RS1E04	Nº de palestras, oficinas, campanhas e materiais distribuídos por ano	Ações / ano

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



5.3.3.2. Programa 2: Aprimoramento da Gestão de Resíduos da Construção Civil, Volumosos e Recicláveis

Quadro 11 – Indicador Geral para o Programa 2.

PROGRAMA	INDICADOR GERAL	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Aprimoramento da Gestão de Resíduos da Construção Civil, Volumosos e Recicláveis	Índice de Gestão Adequada de RCC, Volumosos e Recicláveis	RS2G01	$\frac{\text{Quantidade de RCC, volumosos e recicláveis destinados corretamente}}{\text{Quantidade total de RCC, volumosos e recicláveis gerados}} \times 100$	Porcentagem (%)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Quadro 12 – Indicadores Específicos para o Programa 2.

INDICADOR ESPECÍFICO	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Número de ações de educação ambiental realizadas sobre RCC, volumosos e recicláveis	RS2E01	Nº de palestras, oficinas, campanhas e materiais distribuídos por ano	Ações / ano
Percentual da área rural atendida por rota de coleta de RCC e volumosos	RS2E02	$\frac{\text{Área rural atendida por coleta de RCC/volumosos}}{\text{Área rural total}} \times 100$	Porcentagem (%)
Número de fiscalizações e autuações realizadas por descarte irregular	RS2E03	Nº de fiscalizações e autuações registradas por ano	Fiscalizações e autuações / ano
Estudos de viabilidade para implantação de ecopontos elaborados	RS2E04	Nº de estudos elaborados para ecopontos rurais	Nº

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



5.3.4. SISTEMA DE DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

5.3.4.1. Programa 1: Ações Estruturais que Minimizam os Problemas no Sistema de Drenagem Pluvial

Quadro 13 – Indicador Geral para o Programa 1.

PROGRAMA	INDICADOR GERAL	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Ações Estruturais que Minimizam os Problemas no Sistema de Drenagem Pluvial	Índice de Estradas Rurais com Intervenções Estruturais de Drenagem	DR1G01	$\frac{\text{(Nº de trechos de estradas rurais com intervenções de drenagem executadas} \div \text{Nº total de trechos críticos identificados)} \times 100}{100}$	Porcentagem (%)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Quadro 14 – Indicadores Específicos para o Programa 1.

INDICADOR ESPECÍFICO	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Estudos de parceria elaborados com programas institucionais	DR1E01	Nº de estudos/projetos de parceria formalizados (ex.: Programa Melhor Caminho)	Nº
Aquisição de britador para reaproveitamento de RCC	DR1E02	Nº de britadores adquiridos e em operação	Nº
Quantidade de RCC reaproveitado nas estradas rurais	DR1E03	Quantidade de RCC triturado utilizado ÷ Quantidade de RCC disponível para reaproveitamento	Porcentagem (%)
Percentual de estradas rurais com manutenção periódica	DR1E04	$\frac{\text{(Nº de estradas rurais com manutenção periódica realizada} \div \text{Nº total de estradas rurais identificadas)} \times 100}{100}$	Porcentagem (%)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



5.3.4.2. Programa 2: Ações Não Estruturais que Minimizam os Problemas no Sistema de Drenagem Pluvial

Quadro 15 – Indicador Geral para o Programa 2.

PROGRAMA	INDICADOR GERAL	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Ações Não Estruturais que Minimizam os Problemas no Sistema de Drenagem Pluvial	Índice de Adoção de Ações Não Estruturais de Drenagem	DR2G01	$(N^{\circ} \text{ de propriedades e vias rurais com ações não estruturais implantadas} \div N^{\circ} \text{ total de propriedades e vias rurais identificadas}) \times 100$	Porcentagem (%)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Quadro 16 – Indicadores Específicos para o Programa 2.

INDICADOR ESPECÍFICO	CÓDIGO	FÓRMULA	UNIDADE
Percentual de propriedades rurais com dispositivos de aproveitamento de águas pluviais implantados	DR2E01	$(N^{\circ} \text{ de propriedades com dispositivos implantados} \div N^{\circ} \text{ total de propriedades rurais}) \times 100$	Porcentagem (%)
Percentual de vias não pavimentadas com manutenção anual das estruturas de drenagem	DR2E02	$(N^{\circ} \text{ de vias não pavimentadas com manutenção anual registrada} \div N^{\circ} \text{ total de vias não pavimentadas identificadas}) \times 100$	Porcentagem (%)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



6. RELATÓRIO DA CONSULTA E AUDIÊNCIA PÚBLICA PARA VALIDAÇÃO DO PLANO

6.1. Consulta Pública

Os Produtos elaborados no âmbito do Plano Municipal de Saneamento Rural (PMSR) do Município de Engenheiro Coelho/SP foram disponibilizados para Consulta Pública no portal oficial da Prefeitura Municipal, na seção “Utilidade Pública”, em 08 de outubro, por meio do endereço institucional <https://pmec.sp.gov.br/utilidadepublica/>. A iniciativa teve como finalidade assegurar a transparência do processo de elaboração do plano e oferecer à população a oportunidade de análise prévia, contribuições e comentários sobre o conteúdo apresentado.

Toda a divulgação referente à Consulta Pública foi realizada diretamente pela Prefeitura Municipal, incluindo a publicação do convite oficial no Diário Oficial do Município para participação na Audiência Pública, garantindo o atendimento às exigências de controle social previstas na Lei Federal nº 11.445/2007 e no Decreto nº 7.217/2010, que determinam a participação da sociedade nas etapas de planejamento e revisão dos instrumentos de saneamento.



Figura 95 – Consulta Pública PMSR de Engenheiro Coelho.

pmec.sp.gov.br/utilidadepublica/

Prefeitura de ENGENHEIRO COELHO
Orgulho de morar aqui
Administração 2023-2028

Consulta pública dos produtos 1 ao 7 da Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Rural de Engenheiro Coelho Código do Empreendimento 2023-PCJ_COB-265

- [Produto 1](#)
- [Produto 2](#)
- [Produto 3](#)
- [Produto 4](#)
- [Produto 5 e 6](#)
- [Produto 7 – Mecanismos e Procedimentos](#)
- [Convite – audiência pública](#)

Compartilhe [Facebook](#) [Twitter](#) [LinkedIn](#) [WhatsApp](#) [Email](#)

INFRAESTRUTURA 31 de outubro de 2025
Engenheiro Coelho sedia a 7ª Reunião do Parlamento da RMC

DIÁRIO OFICIAL

- EDIÇÃO Nº 2273**
Data: 03/11/2025
- EDIÇÃO Nº 2272**
Data: 31/10/2025
- EDIÇÃO Nº 2271**
Data: 30/10/2025
- EDIÇÃO Nº 2270**
Data: 23/10/2025

[VER MAIS EDIÇÕES](#)

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



Figura 96 – Convite para Audiência Pública (Diário Oficial).



Prefeitura Municipal de Engenheiro Coelho - SP

www.pmec.sp.gov.br | Rua Domingos Franco de Oliveira, 1.645 Parque das Indústrias - CEP 13.445-040 | Tel.:
(19) 3857-8000

IMPrensa Oficial

Meio Ambiente

CONVITE

AUDIÊNCIA PÚBLICA

A Prefeitura do Município de Engenheiro Coelho vem convidar toda a comunidade de nossa cidade, a participar da Audiência Pública da Consulta pública dos produtos 1 ao 7 da Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Rural de Engenheiro Coelho Código do Empreendimento 2023-PCJ_COB-265.

Data: 29 de Outubro de 2025

Local: Câmara Municipal de Engenheiro Coelho

Horário: 19:00

13/10/2025 Ano IV | Edição nº2264 | Certificado por Larissa Poliana da Silva
Diário Oficial assinado digitalmente conforme MP nº 2.200-2, de 2001, garantindo autenticidade, validade jurídica e integridade.

3/4

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



6.2. Audiência Pública

6.2.1. Ata da Audiência Pública

Aos vinte e nove dias do mês de outubro do ano de dois mil e vinte e cinco, às dezenove horas, nas dependências da Câmara Municipal de Engenheiro Coelho, realizou-se a Audiência Pública de Apresentação do Plano Municipal de Saneamento Rural (PMSR) do município. O evento contou com a presença de um cidadão, morador da comunidade rural da cidade. A condução da audiência foi realizada pela Engenheira Ambiental Mariana Reis da Silva, representante da empresa Líder Engenharia e Gestão de Cidades Ltda., contratada pela Prefeitura Municipal de Engenheiro Coelho para a elaboração do PMSR. O evento teve início com uma breve apresentação institucional da empresa, destacando sua atuação no setor de saneamento e gestão urbana, bem como a experiência técnica de sua equipe na elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico e Rural em diversas localidades do país. Na sequência, a Engenheira apresentou os principais aspectos do Plano Municipal de Saneamento Rural, abordando os quatro eixos que compõem o saneamento básico: Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas e Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos. Foram explanados os conceitos, princípios e objetivos do plano, enfatizando sua importância estratégica para a melhoria da qualidade de vida da população rural, a promoção da saúde pública e o desenvolvimento ambiental, social e econômico do município. Durante a apresentação, foram expostas as ações e propostas estruturadas no horizonte de vinte anos, contemplando o crescimento populacional, as projeções de demanda de água potável, a geração de esgoto e resíduos sólidos, as medidas necessárias para o manejo e drenagem das águas pluviais, além das estimativas de investimentos e análises econômicas correspondentes aos quatro eixos do saneamento rural. Durante a exposição técnica, foi aberto o espaço para manifestações e questionamentos do público presente, momento em que foram levantadas questões referentes a quantidade de fossas sépticas, pois provavelmente os declarantes, que responderam os questionários, desconhecem a diferença entre fossa séptica e rudimentar e o número de fossas rudimentares pode ser maior do que o registrado nos questionários. O participante também perguntou se há uma estimativa



sobre o limite de uso de água proveniente de poço, manifestando o receio de que já esteja próximo do momento em que não haverá mais água, pois, alguns poços chegaram a secar na região. Também foram discutidas as possíveis fontes de recurso financeiro para que as pessoas da zona rural possam se adaptar em relação ao tratamento de água e de esgoto em suas casas. Para o eixo de resíduos, foi apontado que existe uma área de descarte irregular na zona rural e que seria importante a disponibilização das caçambas, previstas pelo plano no tópico de programas, projetos e ações. Em relação ao eixo de drenagem, o participante questionou se foi feito um estudo de macrodrenagem para o município, pois esse estudo já foi cobrado pelo ministério público, sendo um tópico importante para a cidade. Sobre o programa Melhor Caminho, comentou que algumas etapas não foram bem executadas. Todas as contribuições e questionamentos registrados durante a audiência foram devidamente considerados para o aprimoramento do produto final do plano, reafirmando o compromisso da equipe técnica e do poder público com a transparência, a participação social e o atendimento às demandas apresentadas pela população. Nada mais havendo a tratar, a Audiência Pública do Plano Municipal de Saneamento Rural de Engenheiro Coelho foi encerrada às vinte horas e trinta minutos, sendo registrados os agradecimentos ao participante pela presença e pela colaboração no processo de construção do plano. E, para constar, lavrou-se a presente Ata da Audiência Pública, que após lida e aprovada, será assinada pelos responsáveis pela condução da audiência e pelas autoridades presentes.

6.2.2. Lista de Presença, Apresentação e Registro Fotográfico da Audiência Pública

A seguir é apresentada a lista de presença da audiência pública, assim como a apresentação utilizada para o evento e o registro fotográfico.



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto IX e X – Versão Final do PMSR e Validação
Engenheiro Coelho - SP





PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
 Produto IX e X – Versão Final do PMSR e Validação
 Engenheiro Coelho - SP



PRODUTO 5 e 6 – Sistema de Abastecimento de Água

RESUMO DO PROJETO DE INVESTIMENTOS PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

OBJETIVO: 1. APROVEITAMENTO DE ÁGUA

DESCRIÇÃO: 1.1. APROVEITAMENTO DE ÁGUA PARA FOMENTO DE PRODUÇÃO E COMÉRCIO DE SEGURANÇA HÍDRICA

JUSTIFICATIVA: 1.1.1. Aproveitamento de água para fomento de produção e comércio de segurança hídrica.

VALORES EM R\$ MILHÕES

ITEM	QUANTO	VALOR	UNIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
1.1.1	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.2	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.3	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.4	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.5	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.6	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.7	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.8	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.9	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.10	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.11	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.12	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.13	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.14	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.15	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.16	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.17	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.18	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.19	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.20	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.21	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.22	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.23	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.24	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.25	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.26	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.27	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.28	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.29	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.30	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.31	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.32	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.33	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.34	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.35	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.36	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.37	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.38	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.39	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.40	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.41	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.42	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.43	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.44	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.45	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.46	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.47	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.48	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.49	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.50	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.51	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.52	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.53	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.54	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.55	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.56	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.57	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.58	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.59	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.60	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.61	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.62	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.63	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.64	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.65	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.66	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.67	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.68	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.69	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.70	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.71	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.72	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.73	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.74	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.75	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.76	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.77	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.78	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.79	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.80	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.81	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.82	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.83	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.84	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.85	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.86	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.87	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.88	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.89	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.90	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.91	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.92	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.93	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.94	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.95	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.96	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.97	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.98	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.99	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.100	1	0,00	km	0,00	0,00

PRODUTO 5 e 6 – Sistema de Abastecimento de Água

RESUMO DO PROJETO DE INVESTIMENTOS PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

OBJETIVO: 1. APROVEITAMENTO DE ÁGUA

DESCRIÇÃO: 1.1. APROVEITAMENTO DE ÁGUA PARA FOMENTO DE PRODUÇÃO E COMÉRCIO DE SEGURANÇA HÍDRICA

JUSTIFICATIVA: 1.1.1. Aproveitamento de água para fomento de produção e comércio de segurança hídrica.

VALORES EM R\$ MILHÕES

ITEM	QUANTO	VALOR	UNIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
1.1.1	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.2	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.3	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.4	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.5	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.6	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.7	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.8	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.9	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.10	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.11	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.12	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.13	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.14	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.15	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.16	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.17	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.18	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.19	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.20	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.21	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.22	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.23	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.24	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.25	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.26	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.27	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.28	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.29	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.30	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.31	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.32	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.33	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.34	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.35	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.36	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.37	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.38	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.39	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.40	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.41	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.42	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.43	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.44	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.45	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.46	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.47	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.48	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.49	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.50	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.51	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.52	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.53	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.54	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.55	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.56	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.57	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.58	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.59	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.60	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.61	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.62	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.63	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.64	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.65	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.66	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.67	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.68	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.69	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.70	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.71	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.72	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.73	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.74	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.75	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.76	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.77	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.78	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.79	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.80	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.81	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.82	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.83	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.84	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.85	1	0,00	km	0,00	0,00
1.1.86					

Figura 99 – Registro Fotográfico da Audiência Pública.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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>.

Agropecuária. Disponível em: <<https://painel.seade.gov.br/agropecuaria/>>.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. PERFIL ENGENHEIRO COELHO, SP. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/351515>.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos.** 4ª Ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1996. 332 p.

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.

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.

Câmara Municipal de Engenheiro Coelho. Disponível em: <<https://www.camaraengenheirocoelho.sp.gov.br/>>.

CONDESU – CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Conheça o CONDESU. Disponível em: <https://www.condesu.com.br/o-consorcio/>. Acesso em: fev. 2025.

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.

CISBRA | Consórcio Intermunic. de Saneamento Básico da Reg. do Circuito das Águas. Disponível em: <<https://cisbra.eco.br/quem-somos/o-cisbra>>.

CLIMATE-DATA. **ENGENHEIRO COELHO, SP, BRASIL**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/engenheiro-coelho-34803/>>.

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.

Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS. Tecnologia da Informação do Serviço Único de Saúde. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/popmg.def> >

GeoSEADE. Disponível em: <<https://portalgeo.seade.gov.br/i3geo/interface/osm.php>>.

IBGE. Banco de dados de informações ambientais - Bdia. **Geologia**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geologia>>

IBGE. **Cidades Engenheiro Coelho**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/engenheirocoelho/panorama>>.

IBGE, **CIDADES E ESTADOS**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/engenheirocoelho.html>>.



IBGE. **Engenheiro Coelho** – **Histórico.**
<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/engenheirocoelho/historico>>.

Imóveis. Disponível em: <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>

INDE - Catálogo de Metadados Geográficos. Disponível em:
<https://metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search>>.

Ministério da Saúde. **Portaria da Consolidação nº 5 de setembro de 2017.**
Brasília: 2017.

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB.** Brasília: 2008.

PANORAMA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL. **Análise situacional dos programas e ações federais.** Volume III - Ministério das Cidades Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011.

PLANO MUNICIPAL DE MOBILIDADE URBANA. Engenheiro Coelho/SP: 2018.

PLANO MUNICIPAL DE SAÚDE. Engenheiro Coelho/SP: 2022-2025.

Portal da Transparência do Estado de São Paulo. Disponível em:
<<https://www.transparencia.sp.gov.br/Home/MapGraph>>.

Saúde. Disponível em: <<https://painel.seade.gov.br/saude/>>.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ENGENHEIRO COELHO. **Melhor Caminho: programa de recuperação das estradas rurais do município.** 2023. Disponível em: <https://pmec.sp.gov.br/melhor-caminho-programa-de-recuperacao-das-estradas-rurais-do-municipio/#:~:text=A%20Prefeitura%20de%20Engenheiro%20Coelho,o%20equivalente%20a%206%20quil%C3%B4metros>. Acesso em: fev. 2025.